

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

**Planejamento BIM 4D de uma Residência Unifamiliar do
Minha Casa Minha Vida**

Autor: César Seabra Pires
Orientadora: Prof.^a Michele Tereza Marques Carvalho

Brasília, DF
2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PLANEJAMENTO BIM 4D DE UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR DO MINHA CASA MINHA VIDA**

CÉSAR SEABRA PIRES

**ORIENTADORA: MICHELE TEREZA MARQUES
CARVALHO**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
CIVIL**

BRASÍLIA – DF, 22 DE FEVEREIRO DE 2019

César Seabra Pires

**Planejamento BIM 4D de uma Residência Unifamiliar do Minha Casa
Minha Vida**

Monografia de Projeto Final submetida ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau Bacharel em Engenharia Civil, em 22 de fevereiro de 2019 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof.^a: Michele Tereza, UnB/ ENC
Orientadora

Prof.^a: Cláudia Gurjão, UnB/ ENC
Membro Convidado

Mestranda: Ana Beatriz Piña, UnB/ ENC
Membro Convidado

Brasília, DF

22 de Fevereiro de 2019.

SEABRA, CESAR PIRES

Planejamento BIM 4D de uma Residência Unifamiliar do Minha Casa Minha Vida

Brasília: UnB, 2019.

XX, 60 p. 210 x 297 mm (ENC/UnB, Graduação, Engenharia Civil, 2019).

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia

Orientação: Michele Tereza

1. Planejamento 4D	2. BIM	3. Minha Casa Minha Vida
4. Compatibilização de projetos multidisciplinares	5. Manual de planejamento 4D.	

I. ENC/FT/UnB.

II. Título (série).

CIP – Catalogação Internacional da Publicação

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SEABRA, C. P. (2019) **Planejamento BIM 4D de uma Residência Unifamiliar do Minha Casa Minha Vida**. Monografia de Graduação, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, DF, 60p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Cesar Seabra Pires

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Planejamento BIM 4D de uma Residência Unifamiliar do Minha Casa Minha Vida

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Cesar Seabra Pires
SMPW Qd 15 Cj 2 Lt 1 Casa E
Parkway
CEP: 71741502 - Brasília, DF - Brasil

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Roger e Inês, por seu amor e suporte desde sempre presentes, e aos meus irmãos Vítor e Cristiane, por seu companheirismo e carinho. Dedico também à Gabriela, por seu apoio, confiança e amor, e aos meus amigos e sócios Gustavo, Murilo e Filipe, pela oportunidade de viver um sonho e desafio comigo e pelo apoio nesse projeto.

RESUMO

O planejamento BIM 4D consiste na tomada de decisões a partir de simulações virtuais da construção criadas através da associação entre o modelo 3D em BIM e o cronograma de execução de uma obra. Este trabalho busca elaborar o planejamento BIM 4D de uma casa que se enquadra no programa Minha Casa Minha Vida e, a partir do estudo do processo de coordenação e compatibilização de projetos multidisciplinares, extração de quantitativos do modelo 3D compatibilizado e elaboração de cronograma da obra, e construção da simulação 4D na fase de pré-construção, espera-se obter ao final um manual para criação do planejamento 4D. Este manual abordará soluções, pontos centrais e possíveis riscos associados ao processo de construção do planejamento 4D.

Palavras-chave: Planejamento 4D. BIM. Minha Casa Minha Vida. Compatibilização de projetos multidisciplinares. Manual de planejamento 4D.

ABSTRACT

The 4D BIM planning consists on the decision making based on virtual construction simulations created through the association of the 3D model in BIM and the execution schedule of a site. This work seeks to elaborate the 4D BIM planning of a house that fits the Minha Casa Minha Vida program and, from the study of the process of coordination and compatibilization of multidisciplinary projects, extraction of quantities from the compatibilized 3D model and site schedule elaboration, and construction of the 4D simulation during the pre-construction phase, it is expected to obtain at the end a manual for the 4D planning creation. This manual will address solutions, central points and possible risks associated to the 4D planning construction process.

Keywords: 4D Planning. BIM. Minha Casa Minha Vida. Compatibilization of multidisciplinary projects. 4D planning manual..

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	15
2.2 MINHA CASA MINHA VIDA	17
2.3 DEFINIÇÃO, VANTAGENS E USOS DO PLANEJAMENTO 4D	18
2.4 PLANEJAMENTO 4D NO BRASIL.....	20
2.5 O PROCESSO DE MODELAGEM 4D	24
2.5.1 Aspectos Gerais	24
2.5.2 A planejamento 4D e o SINAPI	27
2.5.3 Classificação da informação no BIM, normatização e modelagem 4D.....	29
2.5.4 Aplicativos 4D	33
2.6 TENDÊNCIAS FUTURAS	35
2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
3 METODOLOGIA.....	38
3.1 OBJETO DE ESTUDO DO PROJETO	38
3.2 ETAPAS DO PROJETO	39
3.2.1 Criação, Coordenação e Compatibilização de Projetos	39
3.2.2 Extração de Quantitativos e Montagem do Cronograma.....	40
3.2.3 Simulação 4D.....	41
3.2.4 Elaboração do Manual do Planejamento 4D e Checklist.....	41
3.3 CRONOGRAMA DO PROJETO.....	42
4 ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO 4D	43
4.1 CONSTRUÇÃO, COORDENAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	43
4.1.1 Criação do modelo arquitetônico inicial.....	43

4.1.2 Criação dos projetos complementares	45
4.1.3 Coordenação e Compatibilização de projetos.....	48
4.2 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS E MONTAGEM DO CRONOGRAMA	50
4.2.1 Extração de Quantitativos.....	50
4.2.2 Montagem do Cronograma.....	50
4.3 PLANEJAMENTO E SIMULAÇÃO 4D.....	51
4.4 MANUAL DO PLANEJAMENTO 4D E CHECKLIST	53
4.4.1 Manual do Planejamento 4D	53
4.4.2 Checklist do Planejamento 4D	55
5 RESULTADOS/CONCLUSÕES	56
6 DISPOSIÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre esforço e impacto.	20
Figura 2. Tempo de uso do 4D no Brasil.	21
Figura 3. Iniciativas futuras relacionadas ao 4D	22
Figura 4. Ordem cronológica de implementação de atividades relacionadas ao BIM	23
Figura 5. Níveis de Desenvolvimento (ND) dos componentes BIM.	26
Figura 6. Exemplo de composição auxiliar do SINAPI.	29
Figura 7. Esquema de classes da ISO 12006-2 e seus relacionamentos.	30
Figura 8. Relação entre a NBR 15965 e ISO 12006-2	31
Figura 9. Relacionamento entre as tabelas da NBR 15965	32
Figura 10. Exemplo de cronograma utilizando a Tabela 3R.	33
Figura 11. Interface do <i>software</i> Navisworks.	34
Figura 12. Comparação de imagem entre (a) a foto retirada durante a execução e (b) o resultado da busca de imagem no modelo 4D mais similar.	37
Figura 13. Detecção dos objetos entre (a) a foto tirada e (b) o resultado da busca de imagem no modelo 4D mais similar.	37
Figura 14. Planta baixa da residência unifamiliar, objeto do estudo.	39
Figura 15. Fluxo de etapas previstas para o desenvolvimento da simulação 4D.	41
Figura 16. Diagrama de Gantt do projeto.	43
Figura 17. Planta baixa do modelo base ND200.	44
Figura 18. Modelo de parede genérica utilizado no projeto.	45
Figura 19. Modelo 3D estrutural exportado do TQS para o Revit	46
Figura 20. Modelo Elétrico 3D no Revit	47
Figura 21. Choque de incompatibilidade entre tubulação hidráulica e viga	49
Figura 22. Choque de incompatibilidade com tubulação de ventilação atravessando a calha.	49
Figura 23. Quantitativo de eletrodutos em metros gerado pelo Revit	50
Figura 24. Modelo da planilha para cálculo das durações de atividades	51
Figura 25. Parametrização dentro do Revit	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Dimensões do BIM.....	16
Quadro 2. Faixas de financiamento do MCMV segundo suas fases	18
Quadro 3. Ferramentas de utilização do modelo 4D	19
Quadro 4. Percepção de benefícios na utilização de 4D por diversos stakeholders	21
Quadro 5. Cronograma do projeto.....	42

SIGLAS E ABREVIATURAS

3D	Três Dimensões
4D	Quatro Dimensões
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Business Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
DBB	<i>Design-Bid-Build</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
EVA	<i>Economic Value Added</i>
ECO	<i>Engineering Change Orders</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IPC	<i>Integrated Project Delivery</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MCMV	Minha Casa Minha Vida
NBS	<i>National BIM Report</i>
ND	Nível de Desenvolvimento
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
RDC	Regime Diferenciado de Contratações
RFI	<i>Requests For Information</i>
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

1 INTRODUÇÃO

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Na indústria da construção civil, é frequente a ocorrência de atrasos na entrega de obras. De acordo com pesquisas realizadas nos Estados Unidos, cerca de 70% dos empreendimentos ultrapassam o prazo de execução delimitado inicialmente no cronograma (CAIN, 2004). Apesar da inexistência de estatísticas e pesquisas abrangentes, os números da realidade brasileira não são melhores que estes (SUZUKI & SANTOS, 2015).

Os principais efeitos desses atrasos são o desentendimento entre as partes interessadas (*stakeholders*), má imagem do empreiteiro, aumento da duração e custo da obra e aplicação de multas (CABRITA, 2008). Segundo Pereira (2012), as principais causas dos comuns atrasos são a má elaboração do planejamento do projeto e a programação de serviços ineficazes, demonstrando a importância de um bom planejamento e controle de execução.

Além disso, a natureza temporária da construção civil e o caráter único de seus produtos, que se mantêm fixos enquanto a indústria “se desloca” (KOSKELA & BALLARD, 2003), são outros aspectos que ressaltam a importância da criação de um realista e preciso planejamento da execução, bem como um controle efetivo das obras. Dentre as técnicas e ferramentas tradicionalmente utilizadas para realização dessas atividades, como diagramas de precedência e linhas de balanço, uma característica comum é o fato de não proporcionarem uma visão espacial da construção ao longo de sua execução (BIOTTO, FORMOSO, & ISATTO, 2015).

Essa visualização é possível com o uso de modelos 4D, que consistem numa combinação do modelo geométrico digital do empreendimento em 3D, representando sua dimensão espacial, com o cronograma de execução da obra, representando sua dimensão temporal (RISCHMOLLER & ALARCÓN, 2002; KUNZ & FISCHER, 2011). Assim, o uso do 4D é uma nova ferramenta que auxilia no processo da tomada de decisão na gestão de sistemas construtivos (BIOTTO, FORMOSO, & ISATTO, 2015), levando a uma série de vantagens, conforme enumera FISCHER (2015): (1) Geração de projetos e cronogramas melhores; (2) Melhoria da programação de atividades e previsibilidade de custos; (3) Aumento da produtividade e redução do retrabalho; (4) Melhoria da comunicação entre proprietários, empreiteiros e fornecedores; (5) Redução de *Engineering Change Orders* (ECOs), em até 90% em alguns casos; e (6) Redução da quantidade de *Requests for Information* (RFIs) durante as obras, em até 60%.

Contudo, o esforço e custo envolvidos com a implantação e atualização desses

modelos 4D constituíram como barreiras à disseminação dessa forma de planejamento (KHATIB, CHILESHE, & SLOAN, 2007). Somente com a recente expansão do uso da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) por empresas do setor de construção, apontada por alguns estudos - como o da organização McGraw Hill Construction (2014) -, ocorreu o crescimento e desenvolvimento em paralelo do planejamento 4D. Isso se deve ao fato das informações geométricas (dimensão espacial) já estarem incluídas no modelo BIM, podendo ser utilizadas diretamente na geração dos modelos 4D, simplificando bastante todo o processo (EASTMAN, 2011).

O BIM 4D se aplica desde obras de infraestrutura à edificações, sejam elas grandes prédios comerciais ou habitações populares. Nesse projeto, o objeto de estudo será uma residência unifamiliar de baixa renda que se enquadra no programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Esse programa foi lançado em 2009 pelo Governo Federal em parceria com os estados, municípios, empresas e entidades sem fins lucrativos para permitir o acesso à casa própria para famílias de baixa e média renda, através da concessão de financiamentos de longo prazo a juros baixos pela Caixa Econômica Federal e Banco do Brasil.

Atualmente no Brasil, a literatura do BIM 4D engloba estudos relacionados à implantação no ensino (AZEVEDO & MOLINA, 2015; RUSCHEL, ANDRADE, & MORAIS, 2013); uso do BIM 4D em casos práticos de planejamento e controle de obras com uso do Revit® (GARRIDO, GUARDA, JUNIOR, & CAMPESTRINI, 2013) e até seu uso relacionado à implantação de sistemas de gestão da produção no contexto organizacional de empresas de construção (BIOTTO, FORMOSO, & ISATTO, 2015).

Contudo, apesar das várias publicações com as diversas temáticas citadas, pouco é encontrado na literatura a respeito da construção/elaboração prática de um planejamento 4D de uma edificação de maneira colaborativa, englobando tanto o projeto arquitetônico quanto os complementares, especialmente em um nível de detalhe no qual se especifique um passo a passo, sob formato de um manual, de como fazê-lo, abordando ainda pontos centrais a serem observados e possíveis riscos associados a esse processo. Dessa forma, este trabalho tem a proposta de montar um manual para a execução do planejamento 4D de uma residência unifamiliar destinada ao programa Minha Casa Minha Vida, com enfoque na coordenação entre disciplinas, interoperabilidade e detalhamento do processo de construção da simulação 4D.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo pesquisa feita com mais de 727 construtores de 10 países (incluindo o Brasil) pela organização McGraw Hill Construction, 29% dos entrevistados julgaram que o uso de BIM 4D figura entre as três atividades consideradas mais importantes na etapa de pré-construção de um empreendimento (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014), ratificando o interesse dessas organizações empresariais quanto ao uso da tecnologia 4D e o apoio ao seu desenvolvimento e utilização.

De acordo com Porwal & Hewage (2013), a adoção e uso do BIM na construção civil dependem principalmente do proprietário do empreendimento e/ou cliente que recebe o projeto. Como governos assumem o papel de “clientes” de projetos de empreendimentos públicos que financiam, têm grande influência no uso e desenvolvimento dessa tecnologia e, por consequência, do planejamento em 4D, na medida que podem optar ou não por exigir que tais empreendimentos utilizem a modelagem BIM.

Seguindo essa lógica, o governo britânico exige desde abril de 2016 que todos os projetos centralmente adquiridos (*centrally-procured*) atendam ao BIM Nível 2, com o objetivo de reduzir custos de aquisição¹. O BIM Nível 2 é um nível de desenvolvimento BIM caracterizado pela utilização de um modelo federado, no qual dados geométricos 3D e não gráficos são trabalhados de maneira colaborativa por todas as partes envolvidas no ciclo de vida do projeto. Assim, assumindo essa postura de estímulo à tecnologia, o nível de adoção ao BIM no Reino Unido atingiu mais de 70% segundo o NBS 2018 (*National BIM Report*) do país e foi calculada uma economia de £855 milhões entre 2014 e 2015 pelo governo inglês (NBS 2016).

Outros países que têm políticas governamentais de estímulo ao uso e desenvolvimento BIM são os Estados Unidos, Noruega, Dinamarca e, mais recentemente, o Brasil. O decreto de lei nº 9.377 de 17 de maio de 2018 instituiu a estratégia nacional de disseminação do BIM, com o objetivo de reduzir prazos, custos e aumentar a qualidade das construções no país. Segundo esse decreto, obras financiadas pelo governo federal a partir de 2021 necessitarão ser desenvolvidas em BIM.

Tal decreto vem após o lançamento da coletânea de Guias BIM ABDI-MDIC, desenvolvida a partir de uma parceria entre as duas instituições (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial e Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços) com o

¹ Tradução própria de *procurement*. O *procurement* é um regime de aquisição de bens e serviços baseado na livre concorrência (*tendering*) ou licitação com base no menor preço.

objetivo de disponibilizar informações orientadoras para as práticas de planejar, projetar (especificar-quantificar-orçar), contratar, fiscalizar e aceitar obras públicas ou privadas, em aplicações BIM.

Dessa forma, diante do interesse de empresas na implantação do BIM 4D e de políticas de governo que buscam desenvolver o processo de projetos em BIM, o qual está estritamente ligado à modelagem em 4D, é clara a tendência de crescimento do uso do BIM 4D no setor da construção civil no futuro. Essa tendência, associada à abordagem inovadora do projeto em relação ao que se encontra hoje na literatura, é a base para a realização desse projeto.

1.3 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivos os descritos a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

- Elaboração de manual para realização do planejamento 4D de uma residência unifamiliar do Minha Casa Minha Vida com uso de BIM, na etapa de pré-construção.

1.3.2 Objetivos específicos

- Obtenção da simulação 4D do empreendimento;
- Criação de um checklist prático de como fazer esse planejamento;
- Avaliação da integração e colaboração entre *softwares* BIM.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 6 capítulos, sendo eles: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Elaboração do Planejamento 4D, Resultados/Conclusões e Disposições Finais.

Na Introdução, foi apresentada a temática desse projeto, a justificativa para realização do mesmo, quais seus objetivos, bem como a estrutura do trabalho aqui abordada.

A revisão bibliográfica trouxe definições e conceitos essenciais para o entendimento do projeto, tais como o planejamento BIM 4D e programa Minha Casa Minha Vida. Assim, buscou situar o leitor acerca do que se sabe e o que não se sabe sobre o assunto até o presente momento, apontando desafios à sua expansão e tendências futuras.

No terceiro capítulo, foi definida a metodologia composta por etapas consecutivas que almejam o atingimento dos objetivos, e apresentado o cronograma de elaboração do projeto.

O capítulo 4 discorre sobre a elaboração do planejamento 4D, tanto no que diz respeito à construção do modelo 3D quanto à criação do cronograma de execução e da simulação 4D da obra. Além disso, é apresentado o manual para elaboração do planejamento 4D, que é o objetivo geral desse projeto, e o checklist para a construção desse planejamento.

O capítulo 5 avalia os resultados obtidos, onde são pontuadas algumas observações, chegando-se a conclusões relacionadas ao tema.

Por fim, o sexto e último capítulo traz as disposições finais, contando sobretudo com sugestões para futuras pesquisas acerca de alguns pontos observados ao longo desse projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

O BIM é um conceito que surgiu há mais de trinta anos, apresentado por Chuck Eastman no chamado *AIA Journal*. Desde seu conceito inicial, o BIM leva em conta a integração entre elementos e suas representações virtuais para representação da construção em um modelo virtual (ABDI; MDIC, 2017). Entretanto, o BIM não é apenas um modelo 3D. Segundo Eastman (2008), o “BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações”, sendo que um modelo BIM se caracteriza por:

- Componentes da edificação são apresentados como representações digitais inteligentes (objetos) que “sabem” o que são e que podem ser associados com gráficos computacionais, dados, atributos e regras paramétricas;
- Componentes que incluem dados descritivos de seu comportamento como necessário para análises e processos de projeto, tais como levantamentos de quantitativos, especificações e análise energética;
- Dados consistentes e sem redundância de modo que alterações nos componentes sejam representadas em todas as vistas do componente;
- Dados coordenados de modo que todas as vistas do modelo sejam representadas de modo coordenado (EASTMAN C. M., 2008).

De acordo com alguns autores, como Eastman (2011), o BIM possui capacidades multidimensionais como uma modelagem “nD”, assumindo a existência da capacidade “infinita” de usos que se possa dar a tais modelos da informação da construção. Entende-se como “dimensão” 3D a utilização de BIM para modelagem autoral (criação de projetos de

cada disciplina) e coordenação espacial (detecção de interferências), possibilitando maior consistência das informações entre as suas diversas fontes (vistas, plantas, etc) e entendimento melhorado a partir da visualização tridimensional (ABDI; MDIC, 2017).

Na quarta dimensão, adiciona-se o componente “tempo”, possibilitando a elaboração da simulação gráfica do processo da construção de acordo os prazos estabelecidos no cronograma. No BIM 5D, tem-se a inclusão do fator “custo”, tornando possível a criação de estimativas de custos e o planejamento e gerenciamento de desembolsos ao longo da obra. Já o 6D inclui dados de manutenção e operação da edificação, estando, portanto, relacionada ao seu ciclo de vida (ABDI; MDIC, 2017).

Segundo Lee (2015), não existe consenso na literatura sobre os usos a partir do 6D, havendo interpretações acerca do 7D como sendo modelos orientados para dar suporte a iniciativas de sustentabilidade e eficiência energética, assim como o 8D estaria vinculado à segurança no trabalho. Estes usos devem ser padronizados à medida que normas específicas forem criadas definindo regras claras e objetivas nesse sentido (ABDI; MDIC, 2017).

O Quadro 1 traz as diversas dimensões do BIM, sendo que este projeto terá enfoque na sua quarta dimensão.

Quadro 1. Dimensões do BIM

Dimensão do desenvolvimento	Descrições	Impacto do stakeholder
3D	Consiste dos dados bi ou tridimensionais dos projetos das edificações. BIM 3D pode ser definido como "apresentação geométrica, descrições paramétricas e normativas legais associadas com a construção de um edifício"	Equipe de Projeto, Fornecedor
4D (3D +Tempo)	Conecta a informação relacionada à programação/tempo aos elementos do modelo 3D de forma sequenciar o processo da construção ao longo do tempo	Construtor, Sub-empreiteiro
5D(3D+Custo)	Adiciona informação relacionada a custo aos elementos do modelo 3D. Isto permite agilizar a extração de quantidades e orçamento diretamente do modelo 3D	Levantador de Quantidades
6D (3D + FM)	Integra a informação de FM e ciclo de vida. 6D está relacionada com a informação do ativo útil para os processos de FM, mas após 5D não existe consenso nas dimensões alcançadas na literatura	Facility Manager, Proprietário
nD (3D + ... nD)	Outras dimensões possíveis associadas com modelo BIM	Pode ser relacionado a qualquer stakeholder citado

Fonte: Lee, 2015

2.2 MINHA CASA MINHA VIDA

O programa Minha Casa Minha Vida surgiu em 2009, durante o governo Lula, com o objetivo de facilitar a aquisição de imóveis pela população de baixa renda e também incentivar a produção de novas unidades habitacionais no país, estimulando o comércio através do aumento da oferta de imóveis e gerando emprego e renda para um grande número de trabalhadores.

Inicialmente, o programa foi alvo de muitas críticas relacionadas aos problemas financeiros que poderia causar para o Estado, já que parte do valor do imóvel é subsidiada pelo governo e também porque poderia gerar uma bolha imobiliária. Por outro lado, recebeu grande apoio por uma parcela da população, por proporcionar a redução das diferenças sociais e do déficit habitacional existente no país.

Ao longo de sua existência, pode-se dividir o programa em 3 fases. A primeira delas teve início em 2009 e seu objetivo principal era popularizar a aquisição de unidades habitacionais em todo o território brasileiro. Tendo como meta a construção de 1 milhão de habitações para famílias com renda de até 10 salários mínimos, o governo apresentou as condições do programa e cadastrou interessados tanto em comprar quanto construir imóveis com o benefício do MCMV.

Em 2011, durante o governo Dilma, iniciou-se a Fase 2 do Minha Casa Minha Vida, como parte do Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC2). Nessa etapa, a meta era a construção de mais 2 milhões de casas, com um investimento de R\$125,7 bilhões até o fim de 2014. Além disso, deu-se início à participação do Banco do Brasil no programa. Segundo dados do Ministério das Cidades e da Caixa Econômica Federal, em 2014 haviam sido entregues 1,7 milhão de casas desde o início do programa e mais 1,7 milhão estavam em fase de construção.

Atualmente, o programa se encontra na sua terceira fase. Na Fase 3, além das faixas 1, 2 e 3 já existentes de acordo com a renda bruta mensal do comprador interessado, houve também a criação da faixa 1,5 - que beneficia famílias com renda mensal bruta de até R\$ 2.350,00. O Quadro 2 mostra traz os limites máximos de renda bruta mensal dos compradores de cada faixa do programa para as três fases citadas.

Quadro 2. Faixas de financiamento do MCMV segundo suas fases

Faixas MCMV	Fase 1	Fase 2	Fase 3
1	Famílias com renda mensal bruta de até R\$ 1.600	Famílias com renda mensal bruta de até R\$ 1.600	Famílias com renda mensal bruta de até R\$ 1.800
1,5	-	-	Famílias com renda mensal bruta entre R\$ 1800,01 e R\$ 2.350
2	Famílias com renda mensal bruta entre R\$ 1600,01 e R\$ 3.275	Famílias com renda mensal bruta entre R\$ 1600,01 e R\$ 3.600	Famílias com renda mensal bruta entre R\$ 2350,01 e R\$ 3.600
3	Famílias com renda mensal bruta entre R\$ 3.275,01 e R\$ 5.000	Famílias com renda mensal bruta entre R\$ 3600,01 e R\$ 5.000	Famílias com renda mensal bruta entre R\$ 3600,01 e R\$ 6.500

Fonte: Adaptado de “O Programa Minha Casa Minha vida”, disponível em <https://www.sienge.com.br/minha-casa-minha-vida>. Acessado em 03/07/2018

2.3 DEFINIÇÃO, VANTAGENS E USOS DO PLANEJAMENTO 4D

A modelagem 4D consiste numa associação entre um modelo geométrico 3D e a dimensão temporal, sendo as tarefas que compõem o cronograma de execução da obra associadas aos componentes do modelo 3D, permitindo uma visualização da sequência de execução ao longo do tempo, de forma a contribuir para o entendimento do processo de produção por parte dos envolvidos em sua gestão e apoiar a tomada de decisão (KYMMELL, 2008).

A utilização de modelos 4D não é algo recente (EASTMAN, 2011). Collier e Fischer (1995) relataram o uso da modelagem 4D com o objetivo de comunicar, coordenar equipes e planejar a logística na obra de ampliação de um hospital. Tampouco é algo trivial, sendo a associação entre modelo 3D e cronograma de execução bastante trabalhosa e pouco flexível a mudanças caso seja feita em CAD. Assim, o esforço envolvido na alteração e atualização desses modelos foi um dos fatores que restringiu seu uso aos estágios iniciais dos empreendimentos e fases pré-construção, etapas nas quais a visualização do empreendimento é necessária devido à demanda do cliente ou a algum fator específico (EASTMAN, 2011; SACKS, RADOSAVLJEVIC, & BARAK, 2010).

Contudo, o uso da modelagem 4D foi fortemente impulsionado pelo desenvolvimento da tecnologia BIM nos anos recentes. Isso se deve a diversos fatores associados à modelagem da informação da construção, como a interoperabilidade e possibilidade de centralização da informação, reduzindo a necessidade de coleta e mudança das informações, resultando em aumento da velocidade e precisão das informações transmitidas, na possibilidade de automatização de atividades de verificação e análises, bem como no suporte às atividades de

operação e manutenção (EASTMAN, 2011; GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2007).

As vantagens do planejamento 4D são diversas. Segundo Biotto *et al.* (2012), dentre as facilidades que os gestores de um empreendimento dispõem ao fazer uso de tecnologia, se encontram o apoio a decisões sobre o arranjo físico e logística do canteiro, sequência de execução das atividades e definição da estratégia de ataque das obras, agregando valor e mitigando riscos a partir do compartilhamento de informações e da melhor comunicação entre a equipe de planejamento e de execução e diretores. Suzuki e Santos (2015) citam ainda a possibilidade de comparação entre o cronograma proposto (linha de base) e o avanço real (executado) da obra. Koe e Fischer (1998) indicam também diferenciais no uso de modelos 4D como ferramenta de visualização, integração e análise, conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3. Ferramentas de utilização do modelo 4D

Ferramentas		Cronogramas Tradicionais	Modelos 4D
Visualização	Visualização e interpretação da sequência de construção	Força os usuários a visualizar mentalmente	Elimina processo de interpretação
	Antecipação de conflitos espaço tempo durante a construção	Dificuldade de detectar apenas com o cronograma	Identifica potenciais conflitos
	Transmissão do impacto da mudança no cronograma	Dificuldade de detectar apenas com o cronograma	Mostra claramente o impacto
Integração	Formalização de informações de projeto e construção	Baseado em um processo de produção fragmentado	Facilita o compartilhamento de informações e a integração
	Promoção da integração entre os participantes do projeto	Não promove integração	Promove integração
Análise	Apoio em análises de custo e produtividade	Não fornece suporte	Permite facilmente a detecção
	Antecipação de situações de risco	Não fornece suporte	Permite facilmente a detecção
	Alocação de recursos e equipamentos no espaço	Não fornece suporte	Permite facilmente a alocação
	Simulações de execução	Não fornece suporte	Permite a geração de cenários alternativos

Fonte: Koo e Fischer, 1998

Na mesma linha, em estudo realizado com o objetivo de determinar quais motivos

levam empresas a adotar o BIM, comprovou-se que vários deles envolvem em maior ou menor grau benefícios do uso da modelagem 4D, tais como: o estudo da sequência da execução da construção, a identificação prévia de conflitos (*clash detection*) e a comunicação com as equipes diretamente envolvidas na execução (EADIE, 2013).

Um dos pontos em comum entre os autores mencionados, que é um dos efeitos mais notáveis do fluxo de projetos em BIM, é concentração das decisões de projeto em uma etapa anterior ao processo tradicional. Esse benefício é reflexo de um projeto muito mais desenvolvido e coeso antes do início das etapas que consomem maior fatia de tempo e recursos, condição obtida pela definição muito mais acurada dos elementos do modelo 3D em BIM nas fases iniciais de um empreendimento e da maior troca de informações entre diversos integrantes do processo, como projetistas das diversas disciplinas, montadoras, fabricantes etc. (ABDI; MDIC, 2017). Esse maior volume de decisões tomadas em etapas anteriores é bem vantajoso, na medida em que maximiza a capacidade dessas decisões de influenciar nos custos e funcionalidades do empreendimento e, no caso de uma possível mudança de direcionamento no projeto de arquitetura, engenharia e construção (AEC), faz com que o custo dessa alteração seja menor. Tal ponto é ilustrado através da Figura 1, chamada curva de McLeamy.

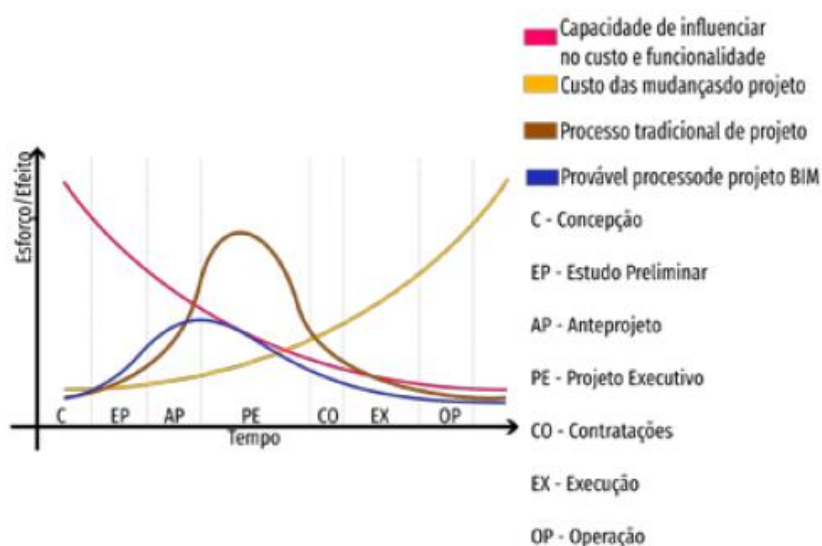


Figura 1. Relação entre esforço e impacto. Fonte: ABDI e MDIC, 2017

2.4 PLANEJAMENTO 4D NO BRASIL

Dados disponíveis apontam que 72% das empresas que usam BIM no Brasil fazem o uso do planejamento 4D (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014), sendo que, em

pesquisa conduzida no país, Suzuki e Santos (2015) confirmaram a percepção positiva dos diversos *stakeholders* sobre os resultados obtidos com a ferramenta (Quadro 4) e concluíram que a tecnologia ainda se encontra em fase inicial de implementação no Brasil, conforme mostrado na Figura 2.

Quadro 4. Percepção de benefícios na utilização de 4D por diversos stakeholders

	Muito Positivo (%)	Positivo (%)	Regular (%)	Não Perceberam Valor (%)	Não se aplica/não sabe (%)
Cliente	32	29	4	4	32
Diretoria	29	32	14	7	18
Comercial	14	46	0	14	25
Planejamento	46	32	4	0	18
Execução	29	36	11	11	14
Controle/fiscalização	29	21	14	18	18
Projeto	14	32	21	11	21
MÉDIA GERAL	28	33	10	9	21

Valores máximos

Fonte: Suzuki e Santos, 2015

3. USO DO 4D / TEMPO DE USO - Em caso POSITIVO, desde quando?



Figura 2. Tempo de uso do 4D no Brasil. Fonte: Suzuki e Santos, 2015

Suzuki e Santos (2015) afirmam ainda que entre as ações futuras direcionadas ao desenvolvimento e melhoramento do processo de planejamento 4D estão a maior interação entre os diversos agentes do processo (por exemplo, projetistas e equipe de planejamento), melhor integração entre a modelagem 3D e 4D, com melhor organização do modelo e codificação para acelerar o projeto 4D; e maior investimento em pessoal (Figura 3). Além disso, consideram como essencial que o governo federal assuma o papel de liderança no uso do BIM, balizando o avanço de suas iniciativas. Estas, ao partirem de órgãos públicos, com elevada capacidade de investimentos, podem contribuir para inserção mais rápida do BIM no mercado.

10. USO DO 4D / FUTURO - Que iniciativas pretende desenvolver no futuro próximo visando melhorar o uso do 4D em sua empresa?



Investir na MELHORIA da modelagem BIM para melhorar performance do processo	21	75%
CODIFICAR componentes do modelo BIM e itens do cronograma	15	54%
Melhorar infraestrutura no CANTEIRO	5	18%
Investir em SOFTWARES mais avançados	6	21%
Investir em HARDWARE adequado	4	14%
Investir em PESSOAL	16	57%
NÃO PRETENDO realizar investimentos	1	4%
Other	5	18%

Figura 3. Iniciativas futuras relacionadas ao 4D. Fonte: Suzuki e Santos, 2015

A necessidade de investimento em capital humano revela a importância do desenvolvimento do ensino do BIM para a implementação do 4D. Considerando que o BIM envolve grande mudança de paradigma na construção civil, uma formação adequada que inclua a compreensão de seus conceitos é um desafio para academia, sendo esta superação fundamental para sua adoção pelo mercado nacional (AZEVEDO & MOLINA, 2015).

Com o objetivo de compreender as estratégias de implementação no ensino do BIM no Brasil, Ruschel e Andrade (2013) realizaram um estudo a partir do qual concluíram que a tecnologia vem sendo implantada de forma muito gradual e pouco efetiva nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil, enquanto as experiências de ensino internacionais se encontram em estágio de maior amadurecimento, com ênfase na colaboração durante o processo de projeto e no gerenciamento da construção.

Entre os pontos cruciais para a implementação do BIM no ensino estão a compreensão de seu conceito por professores e condução de uma revisão da estrutura das grades curriculares, com a criação de eixos verticais e horizontais de conhecimentos atrelados ao BIM. Além disso, conceitos de coordenação, colaboração e integração são essenciais para uma prática de projeto baseada no BIM e, portanto, devem compor a estrutura desses cursos (RUSCHEL, ANDRADE, & MORAIS, 2013).

Algumas pesquisas e iniciativas recentes surgiram com o intuito de atacar tais desafios ao desenvolvimento do BIM e, conseqüentemente, ao uso do planejamento 4D, estando parte delas associadas ao ensino do BIM e ao desenvolvimento de capital humano capacitado, e outras relacionadas ao incentivo e apoio governamental no uso do BIM.

Em estudo acerca da implementação do uso do BIM no curso de Engenharia de Infraestrutura da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), Oliveira (2017) sugere uma ordem cronológica para implementação do BIM, com atividades mais simples e com menor prazo de implementação se localizando na parte superior da Figura 4. Ainda segundo a autora, um ponto fundamental é a implementação de uma disciplina com enfoque em realizar um projeto integrador, sendo também o planejamento 4D um tema para disciplina mais avançada.

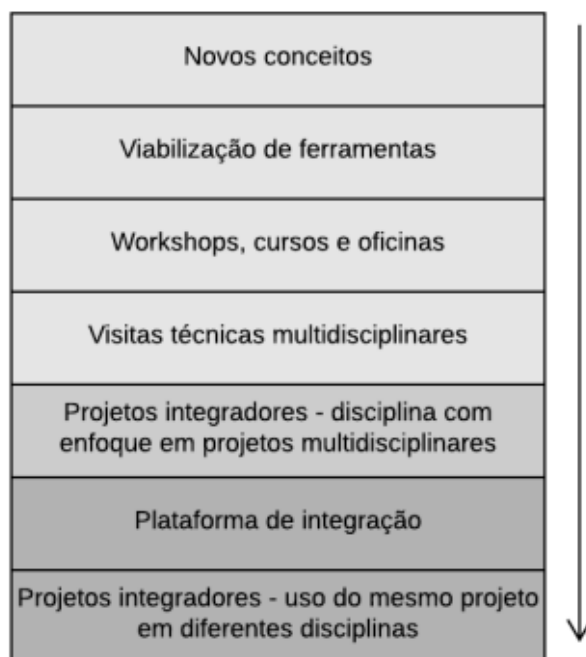


Figura 4. Ordem cronológica de implementação de atividades relacionadas ao BIM

Fonte: Oliveira, 2017

Por outro lado, a aprovação do decreto de lei nº 9.377 em maio de 2018 comprova o interesse do governo brasileiro em caminhar em direção ao aumento da utilização do BIM, na medida em que obriga que obras financiadas com recursos públicos federais a partir de 2021 façam uso da tecnologia. Em caráter de apoio à disseminação do uso do BIM, outra iniciativa foi o lançamento da coletânea de Guias BIM ABDI-MDIC através de uma parceria entre as duas instituições, composta por 6 volumes, com o objetivo de divulgar gratuitamente

informações sobre o BIM e suas possibilidades à sociedade e sobretudo aos diversos *stakeholders* do processo de projeto. O planejamento 4D é abordado no item 7.2 do Guia 03. A coletânea é dividida nas seguintes partes:

- Guia 01: Processo de Projeto BIM;
- Guia 02: Classificação da Informação no BIM;
- Guia 03: BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção;
- Guia 04: Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia;
- Guia 05: Avaliação de desempenho energético em Projetos BIM;
- Guia 06: A implantação de Processos BIM.

Algumas das pesquisas mais recentes relacionadas ao BIM 4D no Brasil têm tido como enfoque a sua implantação prática no planejamento de edificações, assim como no acompanhamento e controle da execução, garantindo a correção do planejamento com decorrer da obra (GARRIDO, GUARDA, JUNIOR, & CAMPESTRINI, 2013). Tal mudança sinaliza o início do uso da ferramenta na fase de execução de obras.

Outra temática com nova abordagem em BIM 4D é encontrada em Biotto *et al* (2015), que discorrem sobre a implementação do BIM 4D na gestão de sistemas de produção no contexto organizacional de empresas de construção. Contudo, não se encontra com grande expressividade na literatura projetos multidisciplinares de implantação prática do planejamento 4D, tratando da compatibilidade e colaboração entre diferentes atores do processo de projeto, fatores citados por diversos autores como essenciais para a expansão do BIM 4D.

2.5 O PROCESSO DE MODELAGEM 4D

2.5.1 Aspectos Gerais

No processo de modelagem 4D, é fundamental que se defina quem será o usuário do modelo 4D. Este pode ser o setor de planejamento, projetos ou ainda de execução, composto pelas equipes presentes no canteiro de obras (COBLE, BLATTER, & AGAJ, 2005). A definição do escopo do modelo 4D a partir da identificação dos problemas a serem resolvidos pelas equipes do empreendimento também se configura como atividade de suma importância, já que tem implicações na escolha dos envolvidos no esforço da modelagem (FISCHER,

HAYMAKER, & LISTON, 2005).

Tendo posse dessas informações, procede-se à decisão de qual será o nível de desenvolvimento do modelo 4D, o qual irá influenciar diretamente o nível de detalhamento dos componentes 3D. Entre os fatores que influem na decisão de detalhamento do modelo 4D estão os objetivos do usuário do modelo (EASTMAN, 2011), os impactos e benefícios esperados de sua utilização (LEITE, 2011), as respostas esperadas que ele forneça (FISCHER, HAYMAKER, & LISTON, 2005) e a fase do ciclo de vida da obra (ABDI; MDIC, 2017).

O nível de desenvolvimento (ND), ou *Level of development* (LOD), dos componentes do modelo é uma medida da confiabilidade que estes atingiram ao longo do ciclo de vida do projeto, aumentando conforme este se desenvolve (ABDI; MDIC, 2017). Ou seja, conforme o projeto avança, os componentes atingem um maior volume de informação, dando maior confiabilidade ao modelo como um todo. Um ponto a ser ressaltado é que o nível de desenvolvimento dos componentes 3D não é uma medida do seu nível de detalhe, mas sim de confiabilidade da informação (ABDI; MDIC, 2017). A Figura 5 traz o sistema de classificação dos níveis de desenvolvimento dos componentes abordada na coletânea de Guias BIM ABDI-MDIC, que variam desde o ND100 (informações gráficas simples) até o ND500 (*as-built*).













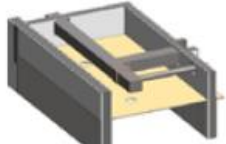








LOD	Conceito	Arquitetura	Estrutura	Instal.Prediais	HVAC
100	O Elemento do Modelo pode ser representado graficamente no Modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para LOD 200. Informações relacionadas ao Elemento do Modelo (isto é, custo por m ² quadrado, tonelage de HVAC, etc.) podem ser derivadas de outros Elementos do Modelo		N.A	N.A	N.A
200	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo				
300	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo				
350	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, orientação e interfaces com outros sistemas de construção. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.				
400	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhes, fabricação, montagem e informações de instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.				
500	O Elemento do Modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos Elementos do Modelo.				

Figura 5. Níveis de Desenvolvimento (ND) dos componentes BIM. Fonte: ABDI; MDIC, 2017

Em relação à definição do responsável pela construção do modelo 4D, Fischer, Haymaker e Liston (2005) defendem que deva ser feita pela empresa que executa a obra. Isso porque, caso se opte pela construção do modelo sem a presença do executor, diversas atividades temporárias e preparatórias que não são produto final do empreendimento e, portanto, não fazem parte do repertório e/ou escopo do projetista (tais como instalações provisórias, mobilização e desmobilização de maquinário, escavação de fundações, etc.) poderão ser esquecidas ou desconsideradas durante a construção do modelo 4D (ABDI; MDIC, 2017).

O trabalho em um ambiente colaborativo e integrado possibilita que se atinja o máximo dos recursos proporcionados pelo BIM 4D. Contudo, essa condição não é muito encontrada na realidade do nosso mercado, que ainda utiliza muito do sistema Projeto-Edital-Construção (DBS)², em que se tem a segregação de partes valiosas do processo e a criação de barreiras para colaboração entre os agentes envolvidos. Dessa forma, um desafio e oportunidade na expansão do uso da ferramenta 4D no planejamento de obras é o aumento do uso de processos de contratação mais modernos, tais como o Desenvolvimento Integrado de Projetos (IPD)³, no qual ocorre a divisão de responsabilidade e riscos entre os diversos *stakeholders*, mas com remuneração de acordo com os resultados de todos os envolvidos (ABDI; MDIC, 2017).

O regime de execução por contratação integrada no Brasil pode ser aplicado em licitações realizadas através do Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC), estabelecido pelo decreto de lei nº 12.462 de 4 de agosto de 2011, e se encontra intimamente ligado à expansão do BIM e do planejamento 4D. Isso porque nesse regime um mesmo vencedor da licitação é responsável pela elaboração e desenvolvimento dos projetos básico e executivo; execução de obras e serviços de engenharia; e montagem, realização de testes, pré-operação e todas as demais operações necessárias e suficientes para a entrega do objeto final.

2.5.2 A planejamento 4D e o SINAPI

Uma das etapas fundamentais para a construção do planejamento 4D é a definição de qual será a duração de cada atividade integrante da EAP, a fim de se elaborar o cronograma da obra. Uma das formas de fazer essa estimativa da duração é a partir da divisão da quantidade total de serviço a ser realizada para uma atividade pela sua produtividade. Uma das possíveis formas de estimar a produtividade de um serviço é através do SINAPI (Sistema

² Tradução própria de “*Design-Bid-Build*”

³ Tradução própria de “*Integrated Project Delivery*”

Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

Instituído em 1969 pelo Banco Nacional da Habitação e atualmente gerido pela Caixa Econômica Federal e pelo IBGE em um regime de responsabilidade compartilhada, o SINAPI funciona como uma base para elaboração do orçamento de referência de obras financiadas com recursos da União.

Os relatórios de composições do SINAPI são divulgados mensalmente, sendo os preços coletados nas 27 capitais do país pelo IBGE, em estabelecimentos regulares, para aquisição de uma unidade de comercialização de cada produto, para pagamento à vista e não incluem frete. Desde 2013, a Caixa divulga relatórios de preços considerando os efeitos da desoneração da folha de pagamentos na construção civil e relatório com encargos sociais que contemplam 20% de INSS (sem desoneração).

Os tipos de composições do SINAPI são:

- Composições principais: relacionadas à execução de serviços principais, incluindo mão de obra, materiais, equipamentos e outras composições auxiliares envolvidas nos serviços;
- Composições auxiliares (exemplo na Figura 6): relacionadas a etapas de processamento intermediário ou a subatividades de composições principais;
 - Composições de custo horário de equipamentos;
 - Composições de custo horário de mão de obra;
- Composições representativas: de simples utilização, representando tipologias de projeto mais recorrentes;
- Composições de transporte: criada para representar o esforço de mão de obra necessária para o transporte de materiais dentro do canteiro de obras;
- Kits de composições: pré-definidas, com objetivo de facilitar a utilização das referências do sistema.

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.REVE.EMBO.001/01	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS DE FACHADA COM PRESENÇA DE VÃOS, ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/2014	M²
Código SIPI		
87775		
Vigência: 06/2014		Última atualização: 06/2014

Item	Código	Descrição	Unidade	Coeficiente
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7800
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7800
C	87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0314
I	37411	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,24 MM, MALHA 25 X 25 MM	M2	0,1388

Figura 6. Exemplo de composição auxiliar do SINAPI.

Fonte: Manual de Metodologias e Conceitos do SINAPI, 2018.

2.5.3 Classificação da informação no BIM, normatização e modelagem 4D

A interoperabilidade é essencial para o uso do BIM 4D, sendo a classificação da informação no BIM uma ferramenta poderosa para sua obtenção, garantindo maior facilidade e integração durante a elaboração do planejamento e controle de obras (ABDI; MDIC, 2017). No Brasil, a classificação da informação é abordada pela ABNT NBR 15965 - Sistemas de classificação da informação da construção, correlacionada com a classificação OMNICLASS. Esta tem caráter internacional e é o padrão inserido nos aplicativos compatíveis com a norma ISO 16739:2013 - *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management services*, referência para todos os aplicativos BIM e sua homologação quanto à interoperabilidade através do arquivo IFC.

A NBR 15965 é estruturada conforme a ABNT NBR ISO 12006-2:2018 Construção de edificação - Organização de informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação. Esta norma internacional identifica um conjunto de tabelas, títulos e seus relacionamentos lógicos, de maneira que cada tabela representa uma classe de acordo com uma visão particular, de forma ou função, conceituada no texto. A definição precisa de um objeto é obtida pela combinação entre diversas classes.

Como o desenvolvimento de um projeto se dá de forma progressiva ao longo do ciclo de vida de uma edificação, uma das prerrogativas dos sistemas que se baseiam na ISO 12006-2 é o múltiplo relacionamento entre classes, partindo-se de quatro principais processos: os relacionados à inepção (pré-design), concepção ou projeto (design), produção e manutenção. Assim, a partir de estruturas hierárquicas entre diferentes classes (relações “tipo de”) e composições hierárquicas (relações “parte de”), descrevem-se os diversos aspectos

relacionados à construção (Figura 7). Como exemplo, uma mesma janela de madeira pode ser um tipo de janela ou ainda fazer parte do sistema de envoltório (fachadas).

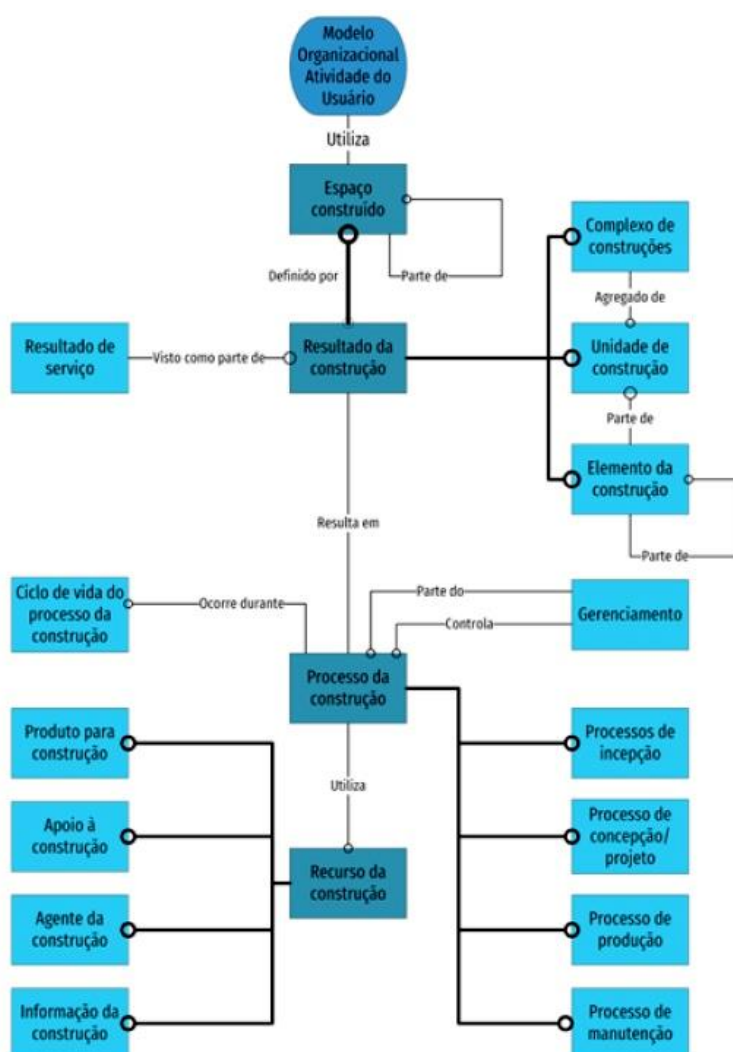


Figura 7. Esquema de classes da ISO 12006-2 e seus relacionamentos.

Fonte: ABDI; MDIC, 2017

A norma ABNT NBR 15965 ainda está em processo de desenvolvimento e, quando concluída, será composta por 13 tabelas, cada uma descrevendo uma “classe” da construção; ou seja, um conjunto de objetos e conceitos com características semelhantes, seguindo uma lógica comum. A norma é dividida em 7 partes (especificadas abaixo), sendo que as partes 4, 5 e 6 ainda não foram publicadas. Apesar disso, é possível ter uma boa ideia do que estas conterão a partir dos textos que já podem ser consultados.

- Parte 1: Terminologia e classificação, publicada em 2011;
- Parte 2: Características dos objetos da construção (Tabelas OM - Materiais e OP -

Propriedades), publicada em 2012;

- Parte 3: Processos de construção (Tabelas 1F - Fases, 1S - Serviços, 1D - Disciplinas), publicada em 2014;

- Parte 4: Recursos da construção (Tabelas 2N - Funções organizacionais, 2Q - Equipamentos e 2C - Componentes);

- Parte 5: Resultados da construção (Tabelas 3E - Elementos e 3R - Resultados da construção);

- Parte 6: Unidades de construção (Tabelas 4U - Unidades e 4A - Espaços);

- Parte 7: Informação da construção (Tabela 5I - Informação), publicada em 2015.

Conforme mostra a Figura 8, a partir do núcleo da classificação da informação proposta pela ISO 12006-2 (Figura 7), a NBR 15965 segue a lógica do relacionamento entre classes e define 13 tabelas que se inter-relacionam e permitem, assim, a construção de modelos que tem como característica a padronização da informação trocada entre as diversas disciplinas. Ou seja, utilizando-se do sistema de classificação proposto pela norma, a interoperabilidade entre os diversos agentes do processo de projeto se torna muito mais simples.

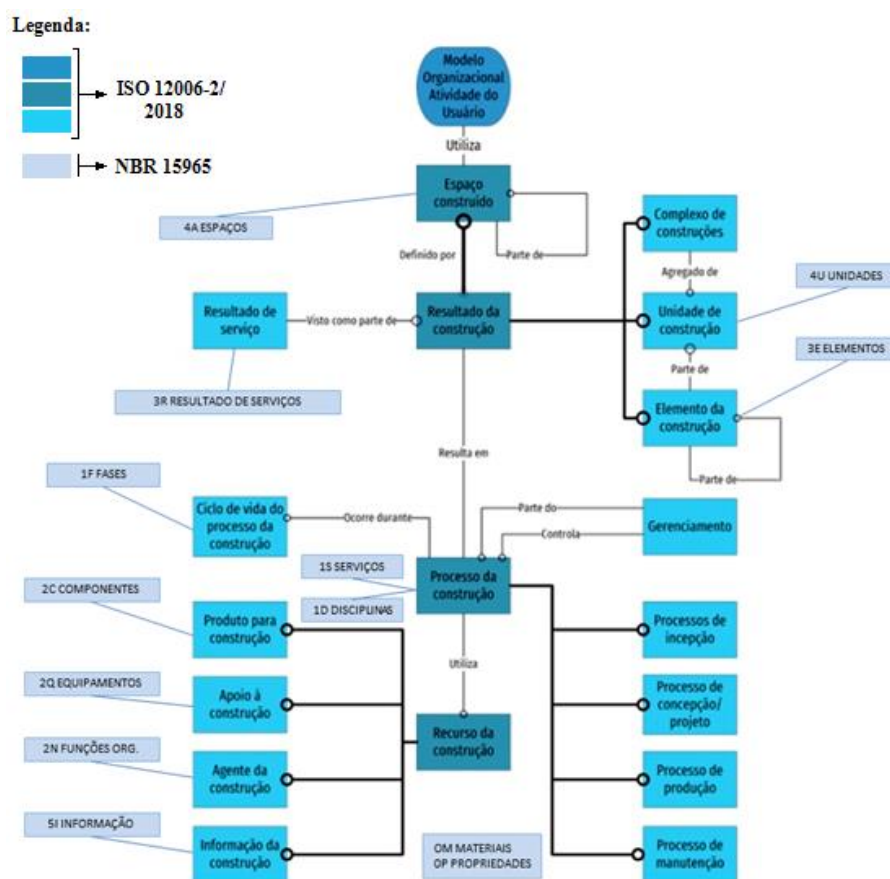


Figura 8. Relação entre a NBR 15965 e ISO 12006-2. Fonte: ABDI; MDIC, 2017

A visão da norma é de que um processo de construção utiliza recursos para obter resultados. Assim, um “*componente*” é parte (ou compõe o todo) de um “*elemento*”, que será parte de um “*resultado da obra*”. Para obter esse resultado, serão utilizados ainda “*agentes*” de uma “*disciplina*” que executarão um “*serviço*” utilizando “*equipamentos e/ou ferramentas*”, seguindo “*informações*”. As tabelas de *materiais e propriedades* complementam as demais, estipulando suas possíveis características. Os “*resultados*” compõem as “*unidades*” e seus “*espaços*” (ABDI; MDIC, 2017). Uma síntese é ilustrada na Figura 9.

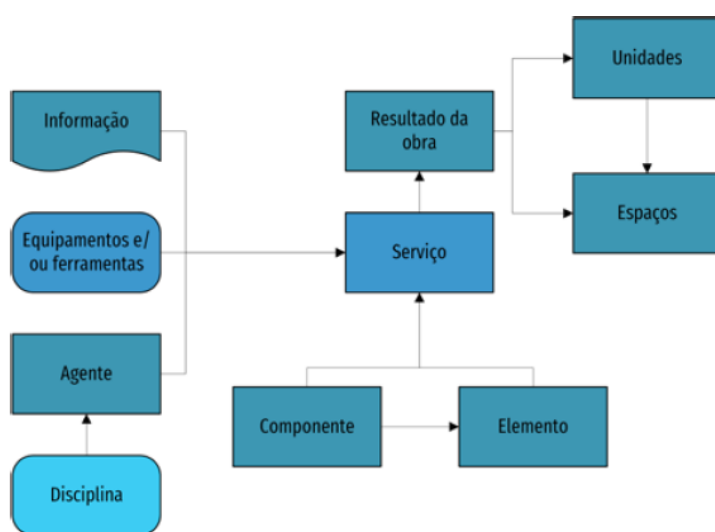


Figura 9. Relacionamento entre as tabelas da NBR 15965. Fonte: ABDI; MDIC, 2017

Em relação ao planejamento 4D e controle da execução, a Tabela 3R (Resultados) é a que melhor se aplica, na medida em que engloba de maneira abrangente serviços a serem executados, incluindo assim atividades que em geral não fazem parte do modelo propriamente dito, por serem de caráter preparatório ou provisório (ABDI; MDIC, 2017). Essa Tabela é composta pelos serviços num nível macro, como por exemplo “Instalação do Canteiro”, e por atividades que compõem esse serviços, como a locação de containers, instalações provisórias, etc. A Figura 10 traz um exemplo da associação entre as atividades classificadas segundo a NBR 15965, utilizando a Tabela 3R com o seu tempo de execução.

Id	EDT	NBR	Task Name	Duração
1	1			1 dia?
2				
3	2	3R. 01. 05. 00.	INSTALAÇÃO DO CANTEIRO	5 dias
4	2.1	3R. 01. 05. 01	Barracão - locação de containers	3 dias
5	2.2	3R. 01. 05. 04	Instalação provisória	2 dias
6	2.3	3R. 01. 05. 05	Placa de obra	1 dia
7	2.4	3R. 01. 05. 06	Locação da obra (topografia)	5 dias
8	3	3R.01.09.00	PROTEÇÕES TEMPORÁRIAS - EPC	240 dias
9	3.1	3R. 01. 09. 05	Tapume em telhas metálicas	5 dias
10	3.2	3R. 01. 09. 04.	Aparalixo	240 dias
11	3.3	3R. 01. 09. 06	Guarda corpo provisório - mo	240 dias
12	3.4	3R. 01. 09. 07.	Tela fachadeiro	240 dias
13	4	3R.01.07	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	360 dias
14	4.1	3R. 01. 07. 01.01	Torre metálica - cremalheira - mobilização e desmobilização	3 dias

Figura 10. Exemplo de cronograma utilizando a Tabela 3R. Fonte: ABDI; MDIC, 2017

Além disso, no planejamento 4D não é exigido um grau de detalhamento dos componentes muito profundo, desde que se mantenha a capacidade de comunicação do modelo com o planejamento desenvolvido. A utilização de cores, movimentos e transparências para representar o *status* da progressão das atividades é também uma ferramenta utilizada hoje nas modelagens 4D (ABDI; MDIC, 2017).

2.5.4 Aplicativos 4D

Aplicativos 4D são aqueles desenvolvidos especificamente visando à criação e visualização de modelos através de visualizações 4D, na forma de filmes ou simulações virtuais do cronograma (EASTMAN, 2011). Já aplicativos BIM 4D são aqueles capazes de utilizar modelos BIM como fonte de informações associadas à geometria da edificação.

O tópico 7.2.4 do Guia BIM 03 da ABDI-MDIC (2017) indica alguns pontos a serem considerados na escolha de qual aplicativo BIM 4D será utilizado:

- Capacidade de importação de arquivos BIM;
- Capacidade de importação de cronogramas;
- Mescla/atualização de modelos 3D/BIM;
- Reorganização das informações;
- Componentes temporários/auxiliares;
- Animação;
- Análise;
- Capacidade de saída;
- Ligação automática de informações.

Dentre os *softwares* 4D de maior expressividade no mercado e academia nacionais, encontram-se o Autodesk Navisworks®, o Synchro PRO® e Vico Office® (ABDI; MDIC, 2017).

O Navisworks (Figura11) é uma solução completa de projeto que tem como principais funcionalidades (1) A navegação interativa de modelo tridimensional, sendo o protótipo digital um modelo integrado que é resultado da combinação dos vários projetos multidisciplinares; (2) Detecção de colisões/ interferências; (3) Levantamento de quantitativos; (4) Simulação 4D e 5D (ABDI; MDIC, 2017). No que tange à simulação 4D, o produto tem campos que permitem a integração com *softwares* de planejamento tradicional, como o MS-Project® e Oracle Primavera®, permitindo assim a importação de cronogramas.



Figura11. Interface do *software* Navisworks. Fonte: Autodesk

Na literatura, a maioria dos artigos relacionados à modelagem 4D faz uso desse *software*. Em pesquisa com o objetivo de elaborar o planejamento de curto prazo de um pavimento tipo utilizando a modelagem 4D, Oliveira (2014) trabalhou com o Navisworks e obteve como produto final de seu estudo dois vídeos representando o planejamento executivo do pavimento, o primeiro abordando os principais serviços a serem executados e o segundo focado no levantamento da alvenaria. Além disso, a geração de projetos de proteção coletiva e de alocação de materiais e equipamentos, *inputs* fundamentais para a definição do *layout* e

da logística do canteiro, foram resultados também alcançados (OLIVEIRA P. , 2014).

Uma simulação em Navisworks de ampliação de uma empresa com o uso de estruturas metálicas, por sua vez, foi produto de estudo conduzido por Boszczowski (2015). Além de tornar mais clara a relação entre as atividades devido à visualização digital, a simulação possibilita também a criação de melhores estratégias de ataque, gestão de canteiro e tomadas de decisão mais rápidas, bem como melhora a comunicação e colaboração entre todos os indivíduos (BOSZCZOWSKI, 2015).

O Synchro PRO é uma solução 4D da empresa *Synchro* baseada no Método do Caminho Crítico (PERT-CPM). O *software* possui ferramentas sofisticadas de gestão e planejamento, permitindo a atribuição de recursos, calendários, custos, riscos etc. Entre os recursos mais avançados de gestão que possui estão (1) Análise de Valor Agregado (EVA); (2) Análise e nivelamento de recursos (3) Simulação de crescimento/desaparecimento de objetos; (4) Criação de perfis de usuário com representação de cores e transparências; (5) Visualização do modelo em “datas distintas” ao mesmo tempo.

Já o Vico Office, da empresa *Trimble*, é uma solução bastante abrangente que possui funcionalidades relacionadas tanto à quantificação, orçamentação, controle e gestão da produção. O *software* possui módulos integrados de 3D, 4D e 5D, sendo o método de linha de balanço o princípio de operação da sua modelagem 4D. Assim, seu uso é mais indicado para empreendimentos compostos por atividades ou unidades repetitivas.

Ainda que a quantidade de estudos que foram conduzidos utilizando as duas soluções mencionadas seja inferior ao número de estudos feitos com o Navisworks, pesquisas também apontam para ganhos no planejamento do *layout* e da logística do canteiro, fluxo de montagem mais eficaz, redução de erros e do tempo de execução do empreendimento (BATAGLIN, D., PEÑALOZA, SMOLINSKI, FORMOSO, & BULHÕES, 2016; JUNIOR, 2016).

2.6 TENDÊNCIAS FUTURAS

Dentre os objetivos finais buscados com a adoção do BIM e do planejamento 4D, se encontram a elaboração de projetos e execução de obras com menores custos e prazos e com maior qualidade, garantindo previsibilidade e confiabilidade mais elevadas a essas atividades (EASTMAN, 2011). Contudo, conforme foi mencionado, a adoção e desenvolvimento dessas soluções no diversos países não ocorre de maneira uniforme, sendo em muito dependente do apoio governamental, sobretudo porque há uma defasagem de tempo entre a tomada de

conhecimento acerca desse tipo de inovação e a sua primeira utilização (GLEDSON & GREENWOOD, 2016).

Nesse sentido, países que tiveram um incentivo inicial mais cedo voltado para o desenvolvimento dessas tecnologias se encontram hoje em estágio mais avançado de utilização e pesquisa acerca do tema. Assim, pensando em Brasil, muitas das tendências futuras para o país já são realidade em outros lugares do mundo.

Estudos recentes de países como os Estados Unidos e o Reino Unido, que possuem nível mais alto de desenvolvimento do BIM 4D, apontam para uma tendência de utilização da tecnologia mais voltada para o acompanhamento e controle de obras, buscando simplificar (e automatizar, em alguns casos) a coleta de dados da construção, substituindo as documentações físicas em papel, garantindo, assim, maior confiabilidade da informação e melhor poder de tomada de decisão por parte do gestor. Ou seja, nesses países já é feito o gerenciamento da construção como um todo em BIM 4D, englobando tanto o seu planejamento quanto seu controle.

No controle de obras, uma prática comum em diversos empreendimentos é realizar fotografias da sua execução com o objetivo de documentar o seu progresso. Assim, é possível acompanhar, planejar e tomar decisões quando essas imagens são impressas e trazidas à equipe em campo. Contudo, esse processo como um todo é bastante manual, suscetível a omissões e esquecimentos e a informação acaba não sendo compartilhada entre os diversos participantes do projeto ao longo do tempo (PARK, CAI, & PERISSIN, 2018).

Uma alternativa sugerida por Park, Cai e Perissin (2018) é o registro automático de fotos da execução da obra e associação dessas à modelagem da informação da construção 4D para identificação de elementos BIM presentes nas fotografias. Ou seja, a partir da comparação das imagens fotografadas a um conteúdo base em BIM 4D, é feita a procura da imagem no modelo para determinar a localização mais próxima de onde ela foi tirada. Em seguida, um conceito de grade 2D é utilizado para identificar as diferenças entre os componentes BIM presentes naquela localização do modelo 4D e a foto. A Figura 12 mostra a busca mais próxima no modelo 4D a partir da imagem e a Figura 13 a detecção de objetos através do conceito de grade.



Figura 12. Comparação de imagem entre (a) a foto retirada durante a execução e (b) o resultado da busca de imagem no modelo 4D mais similar. Fonte: Park; Cai e Perissin, 2018



Figura 13. Detecção dos objetos entre (a) a foto tirada e (b) o resultado da busca de imagem no modelo 4D mais similar.

Fonte: Park; Cai e Perissin, 2018

A pesquisa concluiu que o método pode fornecer precisão considerável acerca das localizações das fotos, bem como na identificação de diferenças entre as fotos e os objetos BIM do modelo 4D. Contudo, a Figura 13 mostra que, apesar da parte amarela identificar o objeto em forma “T” diferindo do modelo, o quadrado na parte superior direita revela que a tecnologia isoladamente ainda não garante um acompanhamento efetivo da execução. Segundo os autores, pesquisas futuras devem ter como foco o aumento da precisão da associação entre os registros fotográficos e a localização na modelagem 4D e a determinação do *status* da obra (atrasada, no cronograma ou adiantada) com base nas suas imagens reais.

Outro estudo propõe a utilização de smartphones para monitoramento do progresso da construção, a partir de um novo sistema que compreende um aplicativo denominado *BIM-U* e um canal de realidade aumentada no telefone chamado *BIM-Phase*. O *BIM-U* é um aplicativo

do *Android* no qual o usuário final atualiza o progresso das atividades na obra, sendo estes dados utilizados para atualizar o modelo 4D associado a diferentes parâmetros de custo, como valor agregado, valor previsto e custo real. Já o *BIM-Phase* é um canal de realidade aumentada no smartphone utilizado durante a fase de construção para implementação de um modelo 4D “planejado” integrado a um vídeo de realidade aumentada mostrando o progresso real versus planejado.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil vive uma fase inicial de desenvolvimento e utilização do BIM 4D e pesquisas como a de Suzuki e Santos (2015) mostram o seu crescimento no país nos últimos anos.

Em termos de futuro, as recentes iniciativas do governo federal buscando incentivar a utilização do BIM 4D (coletânea de Guias BIM ABDI-MDIC, a obrigatoriedade no uso do BIM em obras públicas financiadas com recursos do governo federal a partir de 2021 e licitações sob regime de contratação integrada), associadas à formação de profissionais qualificados em BIM por universidades e à melhor interoperabilidade garantida pela classificação da informação em BIM (estabelecida em norma ABNT NBR 15965), demonstram que as bases para o crescimento do BIM 4D no país são sólidas.

Ainda que haja hoje no Brasil maior enfoque por parte da academia e do mercado na etapa de planejamento das obras, tal como o próprio projeto aqui desenvolvido, experiências descritas na literatura de países com maior nível de desenvolvimento apontam para o que deve ser o futuro do BIM 4D no país; isto é, o seu uso englobando também o controle de obras, aumentando cada vez mais o impacto do BIM 4D sobre custos, prazos e qualidade dessas obras e serviços de engenharia.

3 METODOLOGIA

3.1 OBJETO DE ESTUDO DO PROJETO

No projeto a ser realizado, o ponto de partida será a planta (Figura 14) em CAD de uma residência unifamiliar de 70m², composta por garagem, sala, cozinha, área de serviço, uma suíte, um quarto e um banheiro.

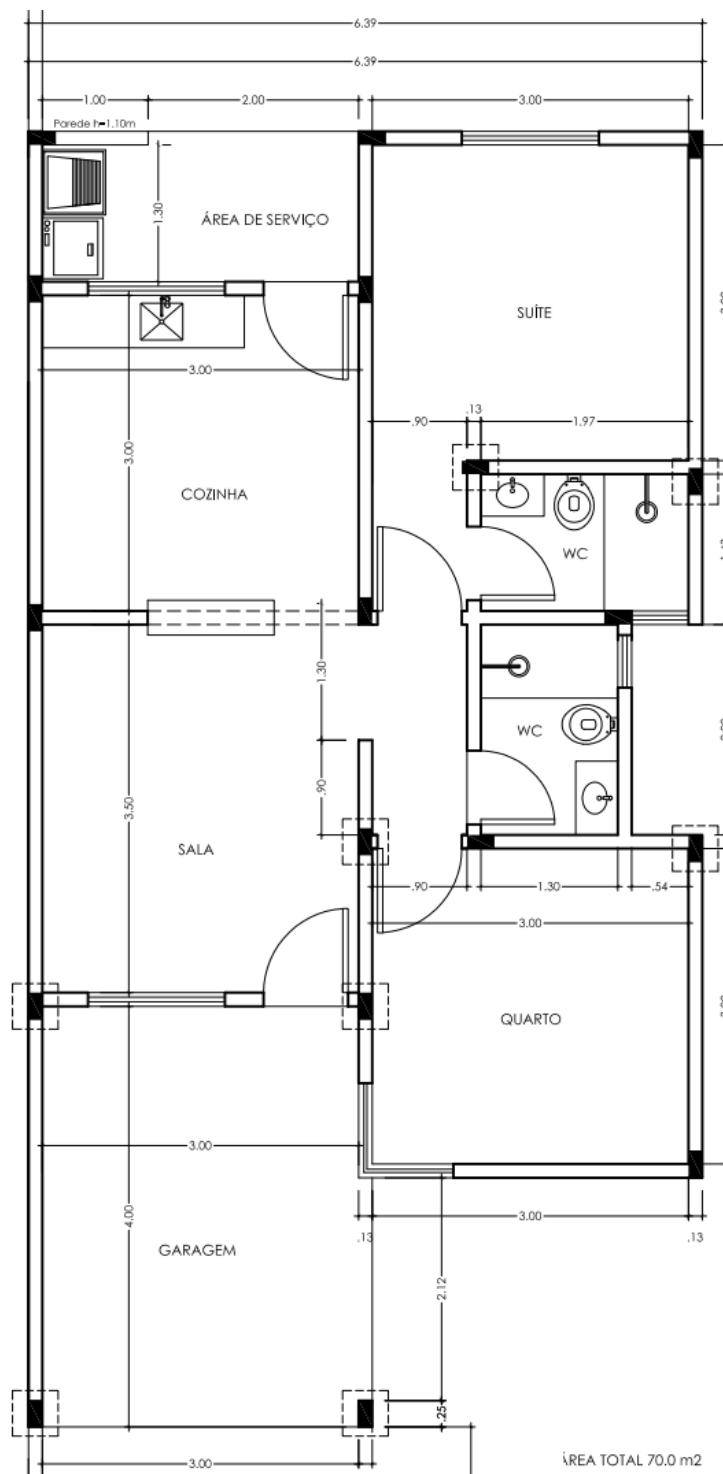


Figura 14. Planta baixa da residência unifamiliar, objeto do estudo. Fonte: Arcos, 2018

3.2 ETAPAS DO PROJETO

3.2.1 Criação, Coordenação e Compatibilização de Projetos

A partir da planta baixa, será criada uma modelagem tridimensional em BIM utilizando o *software* Revit. Este modelo servirá como base para elaboração dos projetos

estrutural e de instalações, sendo estes desenvolvidos respectivamente nos *softwares* TQS® e REVIT MEP®.

Assim, será possível atingir o objetivo específico de avaliação do grau de integração e colaboração entre os diversos *softwares*. Essa avaliação possuirá aspecto qualitativo e será realizada com base principalmente no que for observado ao longo do processo de compatibilização dos projetos, tais como dificuldades na exportação e importação de arquivos, possível perda de dados na movimentação de arquivos entre *softwares*, facilidade na realização de mudanças no modelo e atualização da informação nos diversos *softwares*, etc.

Além disso, as soluções encontradas e pontos observados para uma boa realização do processo de compatibilização entre disciplinas servirão insumos fundamentais para a elaboração do manual do planejamento 4D, o qual será abordado mais detalhadamente no tópico 3.2.4.

O produto final dessa primeira parte será o modelo 3D compatibilizado, resultado do aperfeiçoamento do modelo ao longo do tempo. Apesar do GUIA BIM 03 da ABDI-MDIC (2017) avaliar que não é necessário um nível de desenvolvimento elevado para a elaboração do planejamento 4D, pretende-se obter um projeto compatibilizado com componentes desenvolvidos em nível avançado nessa etapa do projeto.

3.2.2 Extração de Quantitativos e Montagem do Cronograma

A partir do modelo 3D compatibilizado, será feita a extração dos quantitativos de elementos e componentes, que servirão de *input* para a elaboração da lista de atividades da obra. Estas serão definidas, detalhadas e organizadas com o auxílio da classificação da informação da Tabela 3R (Resultados de Serviços) da ABNT NBR 15965 e irão compor a EAP (Estrutura Analítica de Projeto) da construção.

Em seguida, serão estimadas as durações das atividades a serem realizadas para construção do cronograma no *software* de planejamento MS Project. Nessa estimativa, serão utilizados dados de produtividade das composições unitárias do SINAPI, que associados aos quantitativos de serviços, resultarão na definição da duração das tarefas.

Nesse processo, adaptações das composições do SINAPI possivelmente terão de ser realizadas, buscando-se levar em conta todas as atividades detalhadas de acordo com a classificação da Tabela 3R. Assim, a ideia é buscar integrar de maneira colaborativa o projeto e a execução, ponto destacado como fundamental na literatura para uma boa estruturação da modelagem 4D.

3.2.3 Simulação 4D

Tendo o modelo 3D compatibilizado e o cronograma definido, este será importado para o Navisworks, *software* que será utilizado na construção da simulação 4D a partir dessas duas informações. Diante da visualização espacial da construção ao longo do tempo, possíveis alterações poderão ser feitas no cronograma, tanto no que diz respeito à duração das atividades quanto à sua ordem de execução. Após as devidas alterações buscando uma simulação mais realista e precisa, será obtida a versão final da simulação 4D, outro objetivo específico deste trabalho. A Figura 15 traz um resumo das três etapas citadas para o desenvolvimento da simulação 4D.

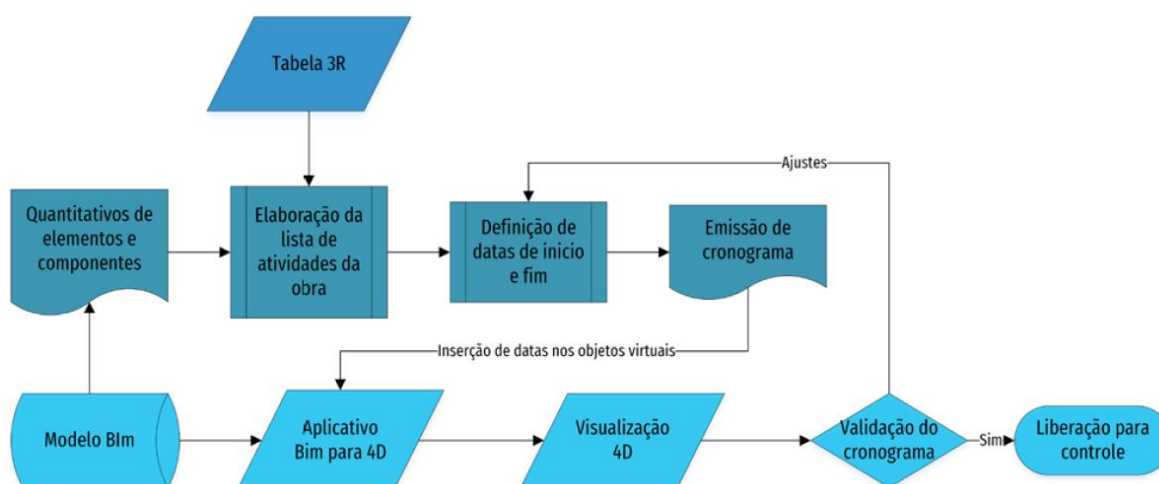


Figura 15. Fluxo de etapas previstas para o desenvolvimento da simulação 4D.

Fonte: ABDI; MDIC, 2017

3.2.4 Elaboração do Manual do Planejamento 4D e Checklist

O manual para o planejamento 4D terá sua construção como um processo contínuo ao longo da execução das etapas deste projeto e será dividido em três capítulos. Estes terão como foco cada um dos subtópicos citados acima, abordando principalmente “como” fazer um planejamento 4D bem construído e eficiente. Portanto, o manual não estará voltado para a avaliação específica do planejamento do projeto que foi aqui realizado, e sim para a construção futura do planejamento 4D de outros empreendimentos a partir das lições aprendidas, que servirão primordialmente para sustentar a elaboração do manual proposto, objetivo geral do projeto.

Assim, as soluções, pontos centrais e possíveis riscos associados ao planejamento do processo de construção coordenada e integrada entre as diversas disciplinas (e seus *softwares*); à extração de quantitativos, uso da classificação da Tabela 3R e determinação de duração de atividades segundo *input* de produtividade do SINAPI; e à construção da simulação 4D em Navisworks serão pontuados no manual.

Por fim, após a elaboração do manual, será criado um checklist prático com o objetivo de guiar o processo de planejamento BIM 4D conforme descrito no manual e validar se, após o final do planejamento, etapas-chaves para construção de um bom planejamento 4D foram concluídas. Assim, será atingido o último objetivo específico.

3.3 CRONOGRAMA DO PROJETO

O cronograma do presente trabalho é indicado no Quadro 5, sendo que a Figura 16 traz um diagrama de Gantt das etapas do projeto.

Quadro 5. Cronograma do projeto

Atividade	Descrição	Duração	Início	Fim
A	Treinamento softwares Revit, TQS, MEP e Navisworks	6 semanas	1ª semana de julho	3ª semana de agosto
B	Elaboração da modelagem 3D base em Revit	1 semana	3ª semana de agosto	4ª semana de agosto
C	Elaboração do projeto estrutural em TQS a partir do modelo 3D base	1 semana	4ª semana de agosto	1ª semana de setembro
D	Elaboração dos projetos de instalações em MEP a partir do modelo 3D base	1 semana	1ª semana de setembro	2ª semana de setembro
E	Compatibilização de projetos no Navisworks, possíveis alterações nos modelos das disciplinas e maior detalhamento das soluções	2 semanas	2ª semana de setembro	4ª semana de setembro
F	Extração de quantitativos de elementos e componentes	1 semana	4ª semana de setembro	1ª semana de outubro
G	Montagem do cronograma em MS-Project	2 semanas	1ª semana de outubro	3ª semana de outubro
H	Construção da simulação 4D no Navisworks	2 semanas	3ª semana de outubro	1ª semana de novembro
I	Construção manual para criação do planejamento 4D	3 semanas	1ª semana de novembro	4ª semana de novembro
J	Elaboração do checklist prático	1 semana	4ª semana de novembro	1ª semana de dezembro
K	Redação do Projeto Final 2	11 semanas	2ª semana de setembro	1ª semana de dezembro
L	Apresentação do Projeto Final 2	-	1ª semana de dezembro	-

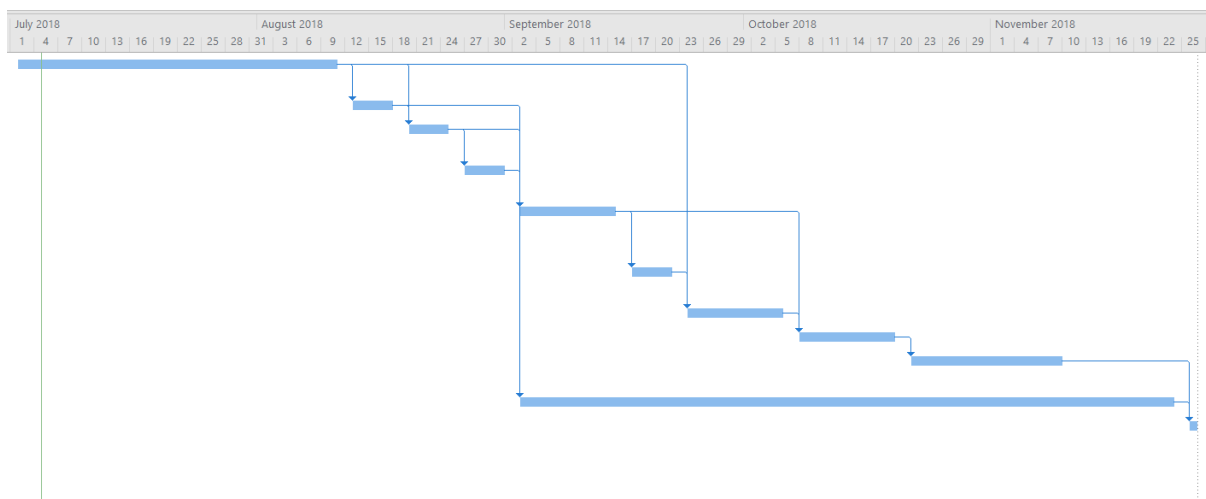


Figura 16. Diagrama de Gantt do projeto.

Elaborado pelo autor

4 ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO 4D

4.1 CONSTRUÇÃO, COORDENAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

4.1.1 Criação do modelo arquitetônico inicial

A construção do modelo tridimensional teve início a partir da importação tanto da planta topográfica do terreno quanto da planta baixa da edificação já existentes no AutoCAD para o *software* Revit. Esse procedimento facilitou bastante o início do processo de construção do modelo arquitetônico tridimensional, na medida em que já forneceu no Revit tanto o posicionamento da residência no terreno quanto a divisão dos ambientes da casa, servindo como uma base para construção do 3D.

Nesse processo, um diferencial foi trabalhar com o arquivo *.dwg* do AutoCAD como um vínculo de CAD no Revit. Essa ferramenta existente no Revit permite que alterações realizadas nos arquivos vinculados (nos formatos CAD, revit ou IFC) sejam automaticamente carregadas no projeto. Assim, mesmo após iniciar a construção do 3D no Revit, todas as alterações realizadas no arquivo *.dwg* puderam ser sincronizadas automaticamente no arquivo principal do projeto, dando maior rapidez nesses casos de mudança.

Diante da facilidade, simplicidade e principalmente maior costume por parte de arquitetos em fazer esboços iniciais em CAD, essa é uma ferramenta que pode facilitar a construção do 3D no Revit caso já se tenha a planta baixa em *.dwg*. Contudo, nos casos em que não se tem definida de fato a planta baixa, esse processo pode ser exaustivo, considerando

que as alterações em *.dwg* se comunicam com o vínculo mas não com as famílias existentes no projeto no Revit.

Um ponto fundamental na construção do projeto em revit foi o *template* utilizado. O *template* figura como a base construtiva de um projeto no *software*, com configurações pré determinadas de vistas, cortes e outros, além de já possuir famílias carregadas para o desenvolvimento do projeto. No mercado, existem diversas empresas especializadas na criação e aperfeiçoamento de *templates* de acordo com a necessidade dos mais variados clientes. Para o projeto em questão, foi utilizado o *template* disponível no site <https://cursosconstruir.com.br/>, acessado em 04 de setembro de 2018.

Tão ou mais importante que a escolha do *template* são as famílias utilizadas para a construção do projeto. A criação de famílias não é algo trivial, sendo que no projeto em questão a única família criada a partir do zero e utilizada foi a de portas. As demais já estavam carregadas no próprio *template* utilizado ou foram importadas de bibliotecas virtuais. Considerando o conceito de parametrização abordado no tópico 2.1, famílias criadas de maneira eficiente auxiliam bastante na construção do projeto, tornando o processo de modelagem muito mais rápido e coeso.

Em termos do projeto em si, a elaboração do modelo arquitetônico inicial, que veio a servir de base para a elaboração dos demais projetos de disciplinas complementares, buscou atingir um ND200 (Figura 5). Dentre os elementos presentes no arquivo base fundamentais ao desenvolvimento dos demais projetos destacam-se as alvenarias, laje de cobertura, esquadrias, posição de peças hidrossanitárias e pontos de iluminação, e configuração do telhado. A Figura 17 mostra alguns desses elementos na planta baixa do projeto base em revit.

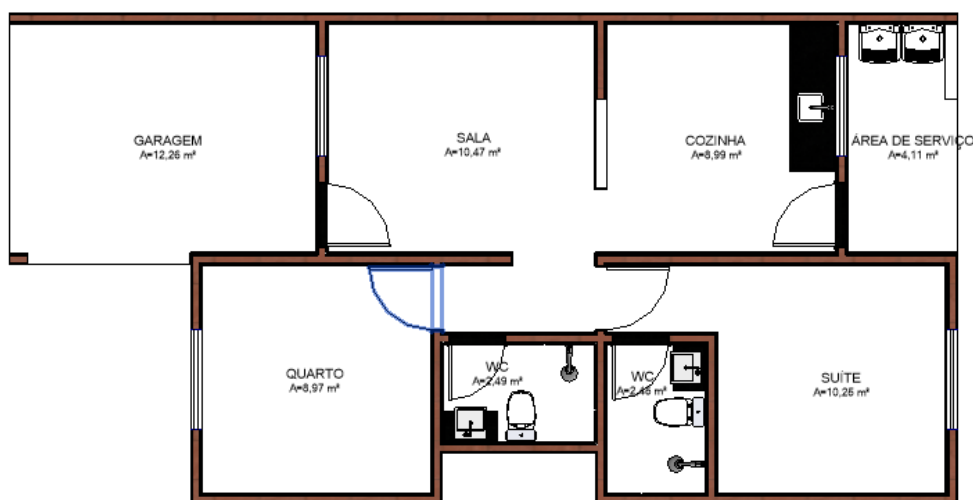


Figura 17. Planta baixa do modelo base ND200. Elaborado pelo autor.

Importante ressaltar que nesse processo de criação inicial, optou-se pelo uso de um modelo de parede “genérico”, com 13 cm de espessura, composto por núcleo de alvenaria, chapisco e reboco paulista, conforme mostra a Figura 18. Tal decisão facilitou em muito a posterior elaboração do projeto estrutural da edificação, na medida em que variações na espessura de paredes tendem a dificultar o trabalho do projetista estrutural, podendo levar a erros.

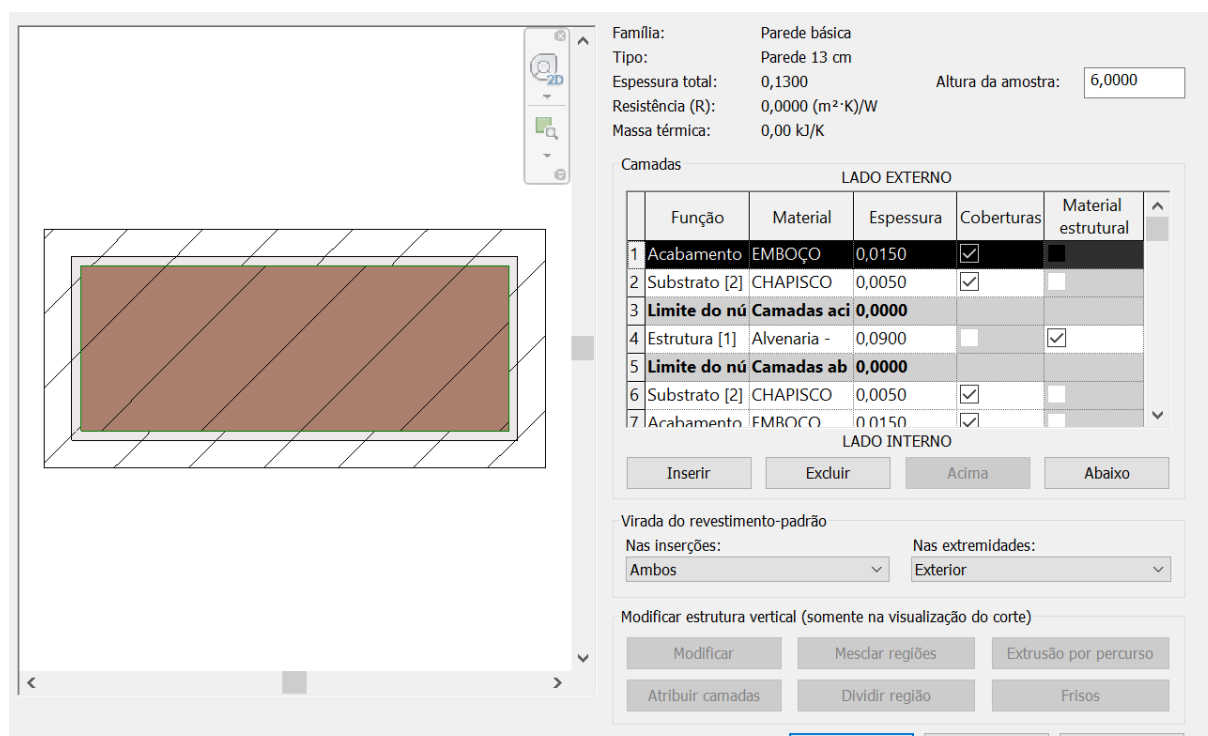


Figura 18. Modelo de parede genérica utilizado no projeto. Elaborado pelo autor.

Além disso, verificou-se que a colocação de elementos como forros e molduras de gesso, rodapés e pisos acaba levando ao retrabalho em etapas posteriores. Isso porque, ao se manter fixo o eixo do núcleo da alvenaria para evitar o deslocamento das linhas de eixo de pilares, a mudança na espessura de paredes leva à alteração das dimensões dos ambientes, causando erros na paginação de pisos e rodapés e colisões entre os forros de gesso e paredes. Essas constatações demonstram que nem sempre um modelo base com mais elementos e maior detalhamento é vantajoso.

4.1.2 Criação dos projetos complementares

Após se obter o modelo arquitetônico base em ND200, foi feita a exportação do arquivo em revit para o *software* TQS. A partir da planta baixa e 3D, foi realizado o lançamento da estrutura da edificação. Em seguida, exportou-se o modelo tridimensional

estrutural da casa mostrado na Figura 19 para o Revit, sendo que este passou a funcionar como um vínculo de revit no arquivo principal do projeto.

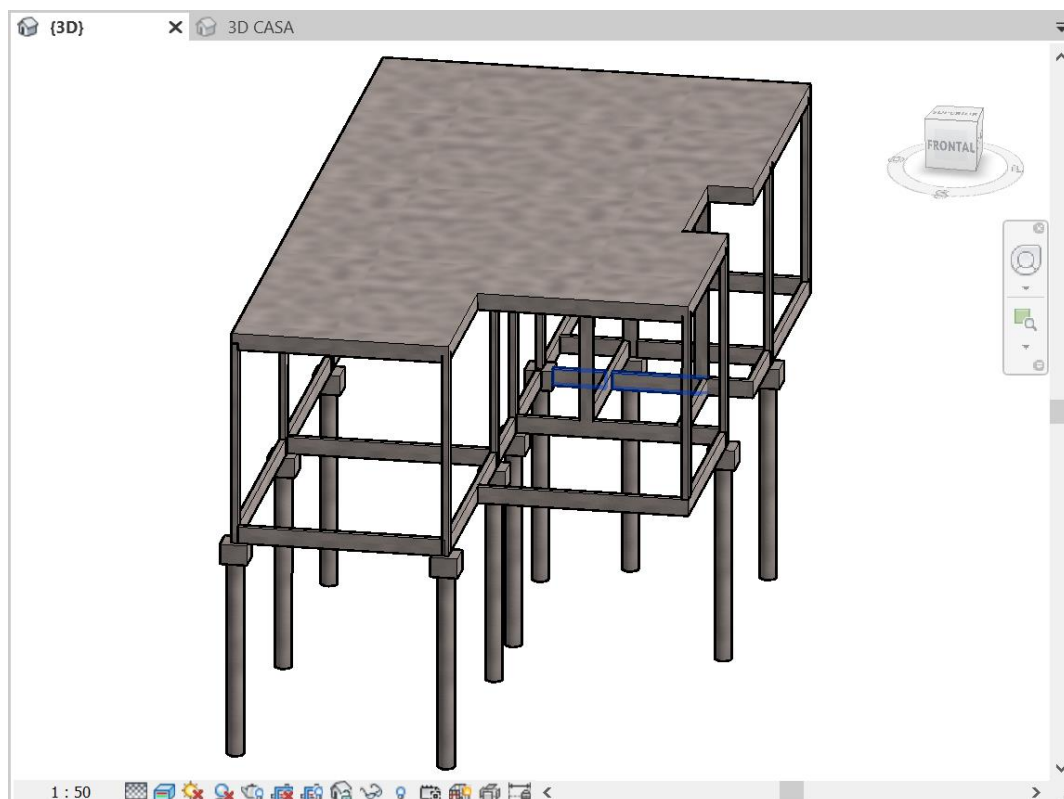


Figura 19. Modelo 3D estrutural exportado do TQS para o Revit

Na medida em que estava sendo criado o modelo estrutural da residência no TQS, foi realizado em paralelo o desenvolvimento do modelo arquitetônico da edificação no projeto principal, substituindo-se por exemplo o modelo de parede genérica de 13cm mencionado no tópico 4.1.1 por paredes com espessura real, a depender do acabamento de cada (revestimento cerâmico ou pintura) e posição (parede interna ou fachada). Além disso, foram colocados forros e molduras de gesso, além dos pisos e rodapés.

Tais evoluções na construção do arquitetônico foram fundamentais para a realização dos projetos elétrico e hidrossanitário, na medida em que influenciam no posicionamento de elementos como tomadas (devem estar alinhadas com o acabamento final das paredes), luminárias e peças hidrossanitárias, na passagem de tubulações e eletrodutos (ocultos pelo forro de gesso em alguns casos), além da disposição de outros elementos que compõem os projetos de instalações.

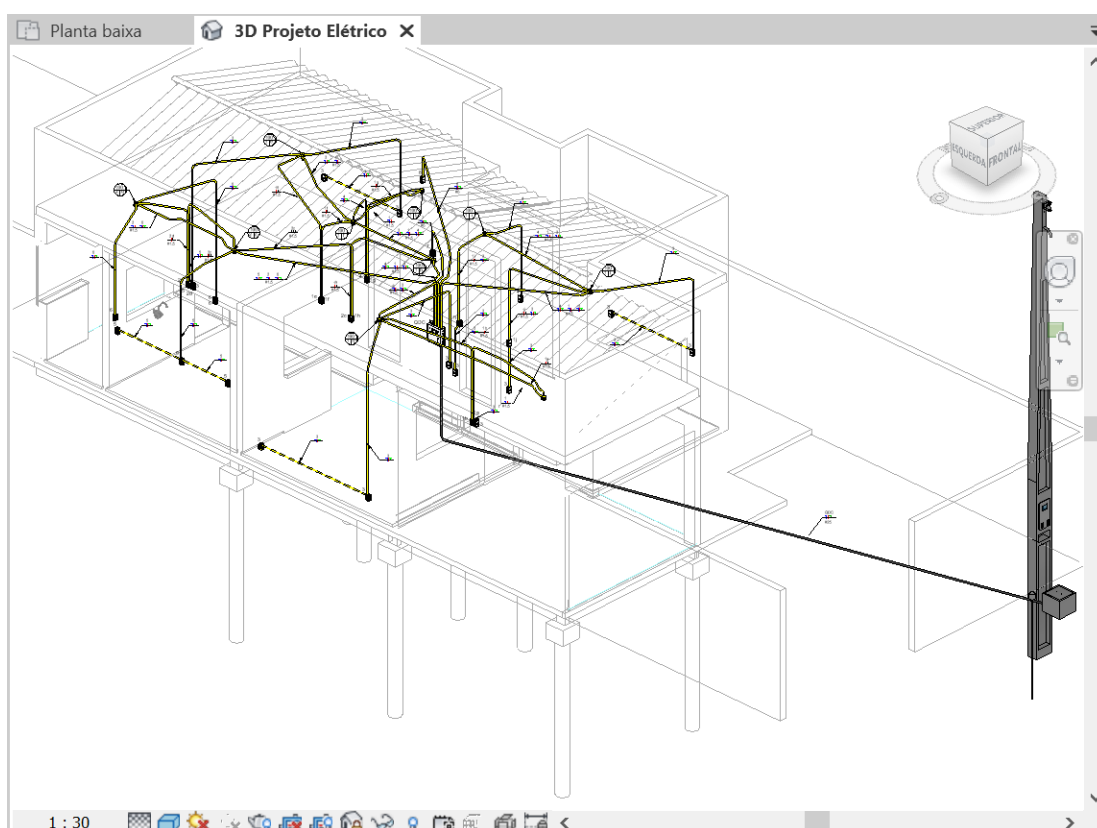
Ademais, como a flexibilidade e facilidade na passagem de tubulações e eletrodutos é maior que a realização de alterações no projeto estrutural, o ideal é que já sejam construídos

projetos de instalações que levem em conta o posicionamento de elementos estruturais como vigas, pilares, fundações e outros. Em casos pontuais, pode-se optar por alterar o modelo estrutural diante de alguma incompatibilidade para a qual seja trabalhoso achar uma solução que não envolva alterar o projeto estrutural.

Assim, os modelos do projeto em revit utilizados para a realização dos projetos estrutural e de instalações foram diferentes, sendo que enquanto para aquele se utilizou um modelo base ND200, para estes foi utilizado um modelo mais próximo do ND300. Além disso, os projetos de instalações já contaram com o input do projeto estrutural no modelo base utilizado para o seu desenvolvimento.

Em relação aos projetos de instalações, ambos foram realizados no próprio Revit, em *templates* especificamente desenvolvidos para a execução desses tipos de projeto. Dessa forma, o *template* elétrico já possuía famílias de interruptores, tomadas, quadros de distribuição e demais elementos necessários ao desenvolvimento do projeto elétrico, facilitando bastante o seu desenvolvimento. Por outro lado, o *template* do hidrossanitário já contava com famílias de tubulações e peças hidrossanitárias. A

Figura 20 mostra o 3D do projeto de instalações elétricas no Revit, construído em arquivo no qual está vinculado o modelo arquitetônico principal.



4.1.3 Coordenação e Compatibilização de projetos

Em relação à coordenação de projetos, foram observados alguns pontos durante o desenvolvimento dos projetos complementares. O primeiro foi a questão do retrabalho envolvendo o projeto estrutural. Após exportado o arquivo do projeto estrutural em revit no TQS, este pôde ser vinculado ao modelo arquitetônico para elaboração dos projetos de instalações. Contudo, como se tratava de um vínculo, foi necessário construir no modelo arquitetônico os elementos estruturais a fim de garantir que os quantitativos corretos de alvenaria, concreto e outros materiais/serviços fossem atingidos, resultando na elaboração de um realista cronograma de execução da edificação.

Outro ponto foi a questão do trabalho com os vínculos no Revit. Ao se vincular o modelo principal como vínculo de revit aos arquivos de instalações, não é possível abrir simultaneamente os dois arquivos (principal e instalações). Ou seja, caso seja necessário fazer alguma alteração no arquivo principal enquanto estão sendo desenvolvidos os projetos de instalações, é preciso fechar o arquivo de instalações (elétrico ou hidráulico) para abrir o modelo principal.

Sob a ótica da execução de projeto realizada por diversos participantes, esse processo é extremamente improdutivo, impactando na construção colaborativa e na interoperabilidade de todo processo. Dessa forma, é possível avaliar que, para o projeto realizado, a coordenação tanto entre os diferentes softwares (Revit e TQS) quanto entre arquivos distintos do Revit não foi ideal.

O processo de compatibilização de projetos por sua vez foi realizado no próprio Revit, após a elaboração de todos os projetos complementares. Para isso, foram importados os projetos de instalações elétricas e hidráulicas para o arquivo principal contendo o projeto arquitetônico e no qual foram construídos os elementos estruturais.

Como o Revit não possui a identificação automática de interferências (*clash detection*), todo o processo de compatibilização foi realizado através do check manual de possíveis conflitos. Nesse processo, foi criado um modelo de vista tridimensional de coordenação a fim de garantir uma melhor visualização, facilitando a detecção dessas incompatibilidades.

Assim, verificou-se casos de choque entre tubulações hidráulicas e instalações elétricas, entre tubulações hidráulicas e elementos estruturais, instalações elétricas e

elementos estruturais, dentre outras incompatibilidades. As Figuras 21 e 22 ilustram dois desses casos. Na primeira, é possível verificar o choque entre tubulações hidráulicas e uma das vigas. A segunda mostra uma das tubulações de ventilação atravessando a calha de coleta localizada no telhado.

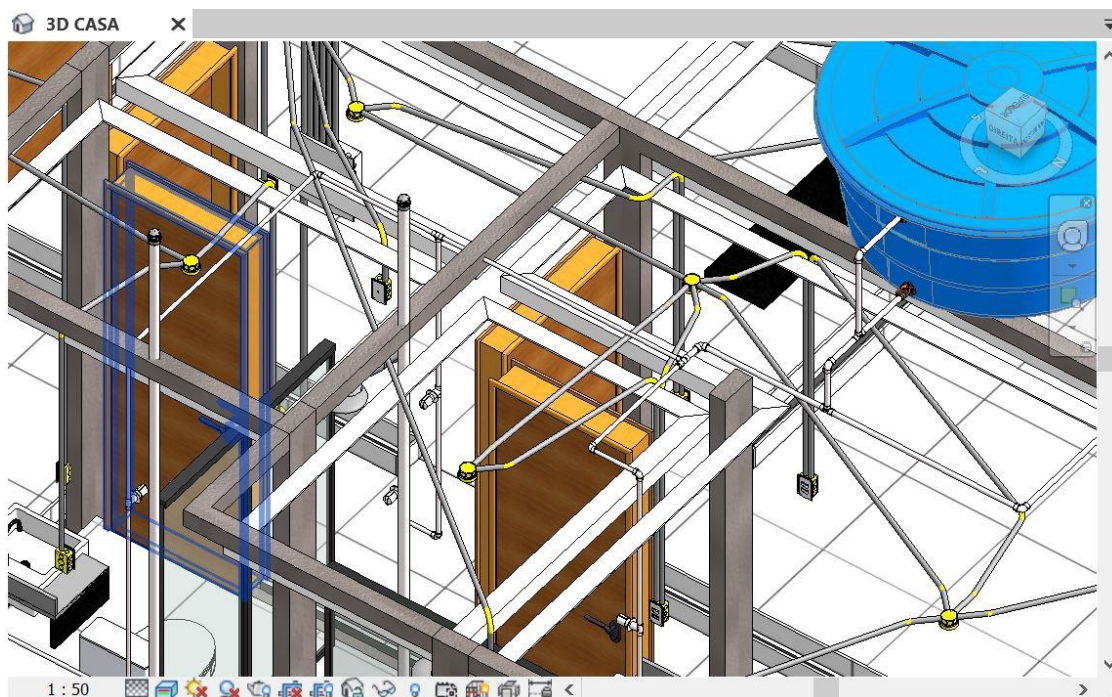


Figura 21. Choque de incompatibilidade entre tubulação hidráulica e viga

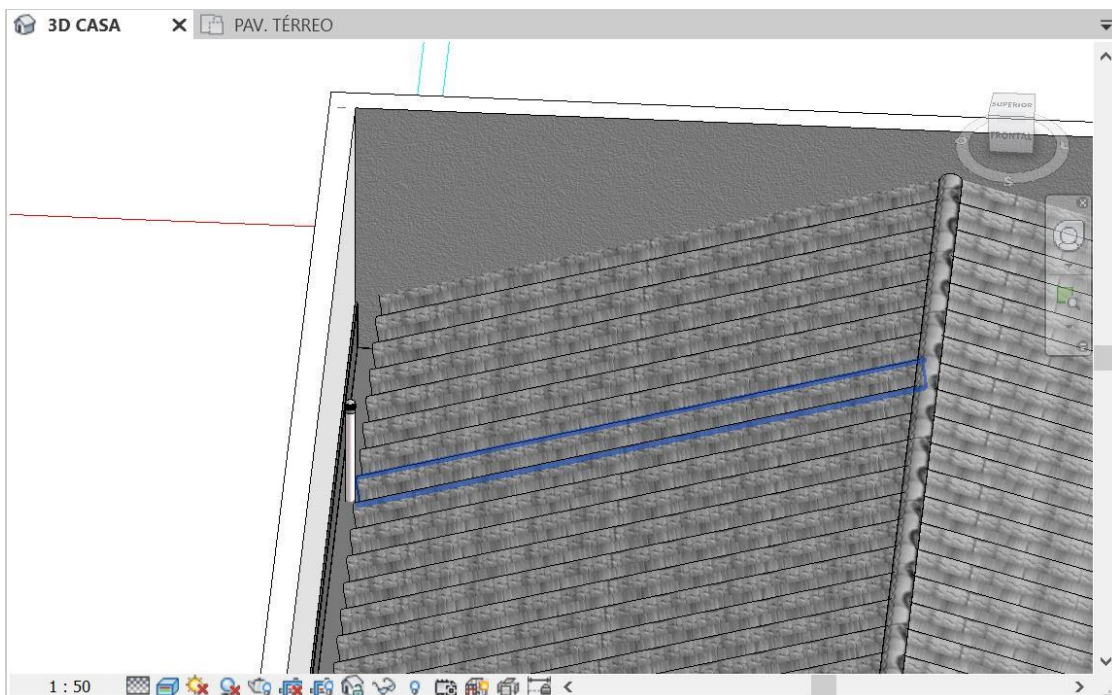


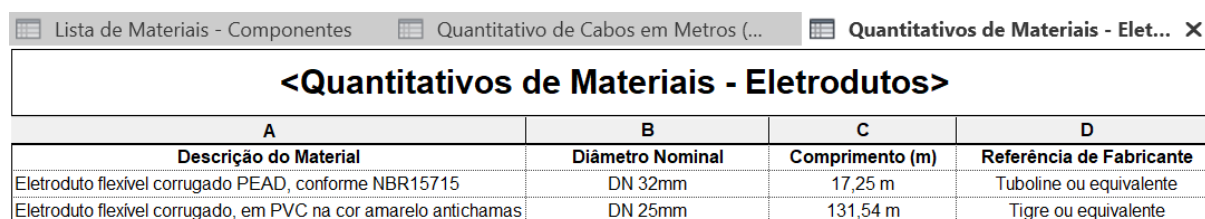
Figura 22. Choque de incompatibilidade com tubulação de ventilação atravessando a calha

4.2 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS E MONTAGEM DO CRONOGRAMA

4.2.1 Extração de Quantitativos

Conforme mencionado no item 2.1., um dos grandes diferenciais em se trabalhar com BIM está relacionado à parametrização de elementos. Ao se empreender maior esforço inicial no processo de criação e detalhamento de famílias, ganha-se tempo em atividades posteriores que normalmente demandam muito esforço, sobretudo devido ao maior nível de complexidade que atinge o projeto.

A extração de quantitativos é um exemplo de uma dessas atividades. Considerando que “cada objeto tem propriedades e sabe o que é”, o processo de extração foi praticamente automático. Também realizada no próprio Revit após a obtenção do projeto 3D compatibilizado, a extração de quantitativos foi um input fundamental para definição das durações das atividades a serem realizadas. A Figura 23 mostra uma das tabelas de quantitativos gerada pelo *software*.



The image shows a screenshot of the Revit software interface. At the top, there are three tabs: 'Lista de Materiais - Componentes', 'Quantitativo de Cabos em Metros (...)', and 'Quantitativos de Materiais - Eletro...'. The active tab is 'Quantitativos de Materiais - Eletro...'. Below the tabs is a table titled '<Quantitativos de Materiais - Eletrodutos>'. The table has four columns: A (Descrição do Material), B (Diâmetro Nominal), C (Comprimento (m)), and D (Referência de Fabricante). There are two rows of data in the table.

A	B	C	D
Descrição do Material	Diâmetro Nominal	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Eletroduto flexível corrugado PEAD, conforme NBR15715	DN 32mm	17,25 m	Tuboline ou equivalente
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas	DN 25mm	131,54 m	Tigre ou equivalente

Figura 23. Quantitativo de eletrodutos em metros gerado pelo Revit

4.2.2 Montagem do Cronograma

A montagem do cronograma de execução da edificação envolveu a definição da precedência entre as atividades a serem realizadas e a duração de cada uma delas. No que diz respeito à ordem de realização atividades, foi considerada uma sequência de construção de acordo com o que é usualmente realizado em obras. No caso de um projeto real, é fundamental a participação dos envolvidos na execução durante essa etapa.

O cálculo de duração das atividades, por sua vez, levou em consideração os quantitativos extraídos do Revit e os coeficientes de produtividade encontrados no SINAPI para os serviços em questão. Assumindo o trabalho uma equipe básica de acordo com o que traz o SINAPI para cada serviço, dividiu-se o quantitativo pela produtividade do principal, para determinar qual o número de horas necessário para a realização do serviço. Em seguida, assumindo uma jornada de trabalho (h/dia) dos empregados, determinou-se o número de dias

necessários à execução do serviço. Para facilitar esse cálculo, utilizou-se a planilha mostrada na Figura 24.

CÓDIGO	ATIVIDADE	UNID.	QTDE	EQUIPE BÁSICA								ÍNDICE DA EQUIPE (m³/h, m/h, dentre outros)	JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)
				Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Plumbar	Ajudante	Servente				
92724	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPa, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MAIOR QUE 20 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	m³	12,75	1							1,12	0,596	h/m³	8	1

Figura 24. Modelo da planilha para cálculo das durações de atividades

Tendo as precedências das atividades e suas durações, foi possível montar o cronograma de execução da obra no project. Vale ressaltar que um ponto fundamental foi o uso dos códigos da Tabela 3R (Resultados) da norma ABNT NBR 15965, conforme pontuado pelo item 2.5.3. Isso porque esta leva em consideração atividades preparatórias de alguns serviços, além de outras temporárias, fundamentais ao planejamento 4D e que geralmente não se fazem presentes nos cronogramas de obras.

4.3 PLANEJAMENTO E SIMULAÇÃO 4D

A partir do modelo 3D em Revit e do cronograma construído, procedeu-se à construção da simulação 4D no Navisworks. Para tal, inicialmente foi necessário preencher o campo código de montagem nas propriedades de tipo dos elementos do revit com o código da Tabela 3R presente no cronograma em project. Assim, os elementos do 3D passaram a estar linkados ao cronograma de execução por esse código.

Um ponto importante na construção do 4D foi que um código de montagem se refere a execução um serviço como um todo. Para garantir a construção dos elementos de maneira gradual, evitando por exemplo que toda a infraestrutura da edificação ou que as alvenarias da casa apareçam subitamente no vídeo, foi adicionado um dígito ao fim de cada código de montagem, dividindo-se o tempo de execução do serviço como um todo igualmente entre pelo número de peças consideradas. Ou seja, foi feita uma fragmentação do tempo de execução total conforme a quantidade de peças definidas.

Além disso, ainda que considerados serviços temporários e instalações provisórias no cronograma construído para obra, tais elementos não foram modelados no Revit, já que o 3D importado para o Navisworks representa a fase final da construção. Ademais, o ND atingido por alguns elementos não foi suficiente para considerar toda a sua sequência construtiva.

Como exemplo, as vigas e pilares foram lançados como componentes maços ao invés de estruturas compostas por armação longitudinal principal, estribos e concreto.

Assim, fica claro que para se ter um 4D que efetivamente sirva para o planejamento da execução da edificação é necessário um aprimoramento do modelo 3D. Tal aprimoramento envolve tanto a criação de elementos e sistemas com um ND mais elevado quanto a adoção de uma visão temporal mais ampla, afastando-se da ótica tradicional de se trabalhar os projetos pensando somente na configuração final da edificação.

Um eficiente planejamento 4D passa também pela criação de uma sequência cronológica de montagem bem definida. Existe uma grande diferença para o planejamento entre armar uma estrutura, armar outra em seguida e depois concretar as duas, e armar e concretar logo em seguida cada uma. A sequência planejada tem de ser igual a sequência real executada.

A partir da sequência cronológica correta e que englobe todas as etapas da execução, garantida pelo ND correto e inclusão de atividades temporárias e preparatórias (instalação do canteiro, escavação de fundações...), as durações de todas as atividades serão bem definidas e a simulação de fato fará sentido para que o planejado represente de fato o que será realizado.

Em termos práticos, o aprimoramento do 3D está ligado principalmente à parametrização. A mostra que dentro do próprio Revit, assim como em outros *softwares* de modelagem BIM 3D, é possível associar o SINAPI ao elemento, bem como definir seu horizonte temporal e ainda condicionar a montagem/execução ao quantitativo de cada elemento (por exemplo à área ou volume do forro de gesso por ambiente e não ao quantitativo total desse serviço).

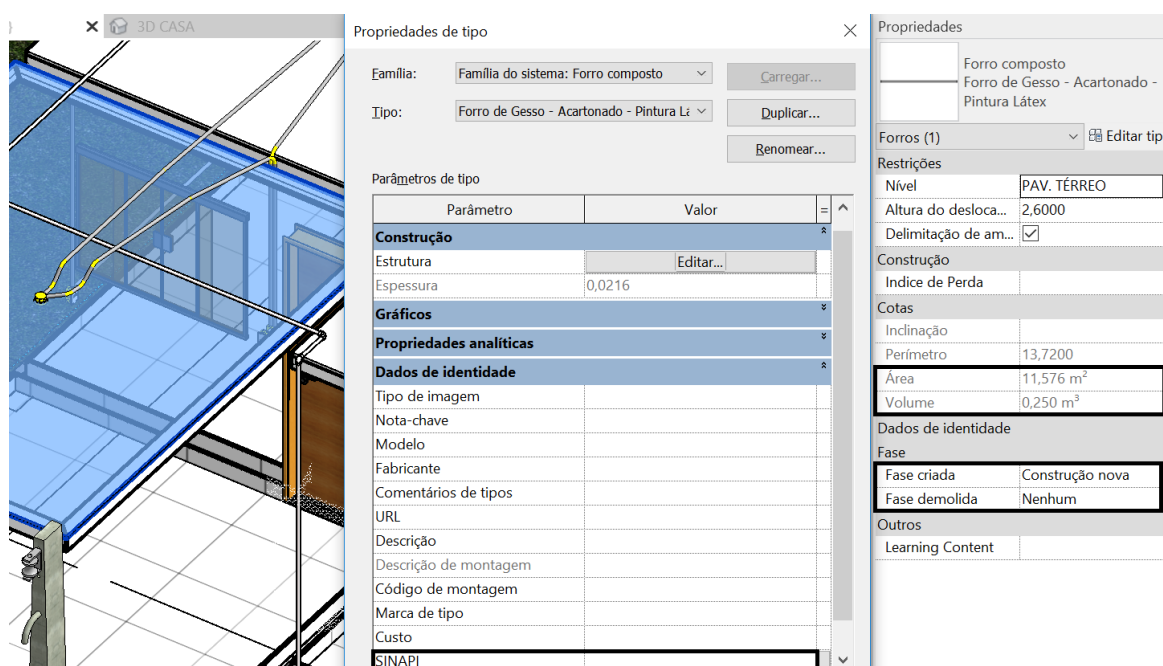


Figura 25. Parametrização dentro do Revit

Apesar de bem trabalhosa num primeiro momento, essa parametrização torna o processo de montagem do cronograma de execução bem mais rápido, na medida em que este passa a ser um output da própria modelagem 3D. Assim, a simulação 4D passará a ser de fato uma ferramenta para a tomada de decisão por parte da equipe responsável pelo planejamento e execução, possibilitando ajustes, caso se julgue necessário.

Um ponto interessante é que ao se contruir uma simulação 4D com base numa inteligente parametrização, conforme mencionado acima, são criadas as condições necessárias para que se chegue no 5D da edificação. Isso porque a simples inserção do parâmetro de custo no modelo permite estabelecer um fluxo de caixa, com o quanto será dispendiado em cada etapa ao longo da obra.

4.4 MANUAL DO PLANEJAMENTO 4D E CHECKLIST

Diante do que foi posto, é complicado falar que se pode escrever por completo um manual para execução de um bom planejamento 4D com base no que foi de fato realizado. Isto porque esta não se configurou como uma ferramenta útil para a tomada de decisão na etapa de planejamento e portanto não foi eficiente.

Nesse sentido, o que se pretende aqui é criar um rascunho inicial de um manual do planejamento 4D, o qual constituirá uma base para o desenvolvimento dessa atividade. A mesma abordagem será utilizada para o tópico 4.4.2, que trata do checklist para o planejamento 4D. Em seguida, diante de novas pesquisas e contribuições, os dois poderão e deverão ser aprimorados, evoluindo para que se tornem cada vez mais úteis na construção 4D de edificações.

4.4.1 Manual do Planejamento 4D

4.4.1.1. Modelagem 3D

O primeiro ponto relacionado ao desenvolvimento do modelo 3D é a definição da arquitetura da edificação, no que tange à divisão de ambientes. No projeto em questão, já se tinha a planta em *cad* e se procedeu à construção do 3D no Revit. Nos casos em que não se tem a arquitetura definida, não é recomendado proceder à criação do projeto estrutural e os demais complementares, a fim de evitar retrabalho.

Tendo a divisão dos ambientes, inicia-se a construção das alvenarias com um modelo de parede genérica, com espessura fixa equivalente aos pilares rebocados. Após a construção

das alvenarias, são inseridas famílias de portas e janelas nos seus respectivos elementos hospedeiros. O ideal é que já se tenha as famílias dessas esquadrias prontas. Em caso contrário, deve ser feita a criação ou importação dessas famílias para o arquivo do projeto.

Em seguida, posicionam-se as peças hidrossanitárias, pias e bancadas no modelo 3D. Em geral, fabricantes já possuem bibliotecas com as famílias de peças hidrossanitárias que produzem. Pias e bancadas deverão ser criadas ou importadas para o projetos, assim como no caso das outras famílias.

O próximo passo consiste em posicionar uma laje de piso maciça, que assim como no caso dos demais elementos estruturais terá espessura correspondente ao acabamento em concreto. Por fim, posicionam-se pontos de iluminação nos diversos cômodos da edificação e é criado um telhado básico para a edificação. Assim, a estrutura conta com informações básicas que auxiliarão no desenvolvimento do projeto estrutural, podendo ser exportada.

Enquanto o projetista estrutural dimensiona a estrutura e constrói o modelo 3D no TQS, o arquiteto cria as diversas famílias de alvenaria com revestimento final. Tendo as dimensões finais dos ambientes, procede-se à criação dos pisos, rodapés, forros e molduras de gesso para os ambientes, caso possuam. Estes últimos dois vão estar condicionados à informação das dimensões de vigas por parte do engenheiro calculista. Nessa etapa, é realizado também um melhor detalhamento do telhado. Nos casos em que o projetista estrutural souber a dimensão das vigas a serem construídas, esse input permite que se posicionem as luminárias nos forros de gesso.

De posse dessas informações, os responsáveis pelo projeto de instalações podem iniciar o dimensionamento e construção do 3D tendo como base o modelo arquitetônico mencionado acima, mesmo que o calculista ainda não tenha finalizado o estrutural. Caso já tenha terminado, é preferível que o arquiteto já importe o 3D e construa os elementos estruturais no modelo no qual trabalhou enquanto o primeiro desenvolvia o cálculo estrutural.

Caso os projetos de instalações estejam sendo feitos por pessoas distintas, é fundamental que os engenheiros se comuniquem em relação a altura de passagem de tubulações, por dentro da laje ou sobre o forro de gesso. Considerando o provável diâmetro que usarão, devem procurar estabelecer alturas distintas para a passagem dessas tubulações, buscando evitar possíveis conflitos.

Assim que ambos terminarem, os projetos são importados para o arquivo principal, no qual é criada uma aba para que seja realizado o processo de compatibilização dos projetos. Caso ocorra alguma inconsistência, é comunicada ao projetista responsável por realizar a alteração para que se evite o choque, considerando que um dos dois terá prioridade sobre o

outro. Esse procedimento é repetido até que todas as inconsistências sejam resolvidas.

Vale lembrar que o detalhamento de elementos para posterior construção de um eficiente planejamento 4D pode ser realizado ao longo desse processo, desde que não impacte na passagem de elementos de outras disciplinas. Finalmente, será obtido o modelo 3D compatibilizado.

4.4.1.2. Cronograma de execução

Em relação à montagem do cronograma, é necessário definir a ordem de precedência de atividades e as suas durações. Apesar de no projeto terem sido extraídos os quantitativos dos elementos e construído o cronograma da edificação de forma manual a partir da consulta ao SINAPI, o ideal é que se tenham parametrizados os elementos com o código de montagem utilizado, código SINAPI e fase da construção.

Assim, a partir do quantitativo de elementos e produtividade do encarregado principal, será possível definir a duração das atividades e toda a criação do cronograma acontecerá de forma automática. De posse dessas informações, procede-se à criação do cronograma no project.

4.4.1.3. Simulação 4D

A partir do link estabelecido entre o modelo 3D e o cronograma em project, é possível a criação da simulação 4D da edificação. Essa terceira etapa é resultado de um bom desenvolvimento das duas anteriores, sendo fundamental a associação entre todos os elementos às suas respectivas durações na ordem correta. Dessa forma, não será pontuado no checklist esse

4.4.2 Checklist do Planejamento 4D

4.4.2.1. Modelagem 3D

- ☐ Definição da divisão dos ambientes
- ☐ Construção das alvenarias utilizando um modelo de parede genérica com espessura padrão equivalente à dos pilares rebocados
- ☐ Colocação das esquadrias – portas e janelas
- ☐ Inserção de peças hidrossanitárias
- ☐ Colocação de pias e bancadas
- ☐ Construção de uma laje de piso maciça

- ☐ Definição dos pontos de iluminação
- ☐ Criação de um telhado básico para edificação
- ☐ Exportação do projeto para que seja desenvolvido o projeto estrutural
- ☐ Desenvolvimento do projeto arquiteto em paralelo
- ☐ Colocação de forros e molduras de gesso, pisos e rodapés
- ☐ Detalhamento do telhado
- ☐ Importação do modelo estrutural e criação deste no modelo principal
- ☐ Exportação do arquivo para criação dos projetos de instalações
- ☐ Importação dos projetos de instalações para o modelo principal
- ☐ Comunicação entre projetistas no que diz respeito à altura de passagem de tubulações por dentro do forro de gesso
- ☐ Compatibilização do projetos realizados no arquivo final

4.4.2.1. Cronograma de execução

- ☐ Definição da ordem de precedência das atividades a serem realizadas
- ☐ Associação do código de montagem aos elementos do modelo 3D
- ☐ Extração dos quantitativos de serviço
- ☐ Associação da SINAPI aos elementos para definição da produtividade do serviço a ser executado
- ☐ Determinação da duração das atividades
- ☐ Montagem do cronograma

5 RESULTADOS/CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido pode ser avaliado primeiramente sob a ótica do modelo 3D, levando em consideração o processo de desenvolvimento de projeto utilizado e as atividades de coordenação e compatibilização entre disciplinas.

Ainda que todos os projetos foram desenvolvidos por um único autor, foi possível estabelecer uma sequência de etapas e extrair *insights* que minimizam as interferências e facilitam a interoperabilidade entre as diferentes disciplinas. Estratégias como a utilização de paredes com espessura padrão acabada no arquivo ND200 e definição dos pontos de instalações no arquivo que servirá como base para o projetista estrutural, colocação do forro de gesso, rodapés, pisos e outros elementos no momento mais oportuno figuram como

algumas dessas atividades que tornam a coordenação mais rápida e efetiva.

Contudo, a coordenação entre disciplinas no desenvolvimento do modelo BIM 3D é um tema que ainda pode ser bastante aprofundado. Com o envolvimento de diferentes profissionais no projeto, será possível enxergar gargalos específicos no processo de construção do modelo tridimensional e criar soluções para endereçá-los da melhor forma possível. Dentre os principais ganhos, poderá ser definido qual o escopo e atribuições do coordenador de projetos e avaliar minuciosamente a interação entre diferentes *softwares* ao se trabalhar de maneira simultânea.

Ao longo do processo de projeto, essas duas atividades não puderam ser bem estudadas. A partir do momento em que a pessoa que desenvolve um projeto é a mesma que avalia o todo e realiza a coordenação com os demais, não se tem o mesmo olhar crítico, imparcial e mais amplo que teria essa pessoa externa à criação. Além disso, não foi possível avaliar a comunicação dessa figura gerencial com a equipe de desenvolvimento e dos próprios desenvolvedores de projeto entre si trabalhando abaixo desse coordenador.

Já a ausência de simultaneidade de trabalho entre diferentes disciplinas restringiu em muito a avaliação da coordenação entre os *softwares*, a qual se limitou à análise dos vínculos do Revit e não estimulou a busca por outras formas de garantir uma melhor interação, tais como a utilização de arquivos no formato *ifc*, trabalho em nuvem, dentre outros.

Em relação à montagem do cronograma de execução da obra, todo o processo foi bastante exaustivo, reflexo de uma busca manual no SINAPI por todos os códigos de atividades e associação com os quantitativos de serviços para determinação da duração de cada atividade. A parametrização dentro do modelo 3D é a ferramenta que possibilita tornar esse processo muito mais automático e rápido, ainda que dispenda de um esforço inicial alto porém pontual para associar produtividades às famílias do Revit.

Na verdade, uma das ou senão a principal constatação do trabalho realizado é a importância da parametrização do modelo tridimensional para garantir que o planejamento 4D seja construído de uma maneira eficiente e sem retrabalhos. Isso porque ao se adicionar outros parâmetros além da SINAPI, como o horizonte temporal dos elementos (principalmente para aqueles relacionados à atividades temporárias e preliminares), ganha-se não só em tempo de construção do planejamento 4D mas se tem também um planejado que corresponde de fato ao real que será realizado, fazendo com que a simulação passe a ser útil.

Como tal parametrização envolve saber utilizar as ferramentas oferecidas pelos diversos softwares de modelagem 3D encontrados no mercado, prova-se que um conhecimento apurado da ferramenta de modelagem é fundamental para a própria expansão

do 4D. Assim, confirma-se o que foi pontuado por Ruschel *et al.* (2013), que a expansão do 4D está diretamente associada à expansão do ensino em universidades, tanto no que diz respeito aos conceitos de interoperabilidade e coordenação quanto às próprias ferramentas de modelagem encontradas no mercado.

Ainda sobre da construção do 4D, é necessário pontuar que a interação entre quem projeta e quem executa deve ser bem próxima, para garantir que todas as atividades temporárias e preliminares sejam consideradas. Tal sintonia assegurará também que a correta precedência de atividades seja determinada, para que a estratégia de ataque às obras planejada corresponda à que será desenvolvida, conforme posto por Biotto *et al.* (2012).

O último ponto diz respeito ao código de montagem utilizado para a construção da simulação 4D. Apesar da sugestão do Guia ABDI-MDIC (2017) de utilização da tabela 3R da ABNT NBR 15965 como a mais indicada para o planejamento 4D, a utilização do código dessa tabela para uma atividade como código de montagem na construção da simulação não se mostrou eficiente, já que para uma mesma atividade (por exemplo concretagem de vigas) ocorre a criação de todos os elementos simultaneamente na simulação, e não gradualmente, o que seria o desejado. Assim, o desenvolvimento de um código de montagem que possa ser parametrizado é um possível tema para estudos futuros.

6 DISPOSIÇÕES FINAIS

Em suma, o projeto desenvolvido abordou todos objetivos definidos inicialmente, envolvendo os aspectos desde a criação da modelagem 3D e cronograma até a simulação 4D. Ainda que a construção do planejamento 4D não tenha ocorrido segundo o que se concluiu ser a melhor forma de desenvolvimento, foi possível esclarecer vários pontos relacionados a esse processo e apontar desafios e oportunidades à expansão dessa atividade.

Além disso, pode-se dizer que a proposta trazida aqui foi bem ampla no sentido de passar por todos os pontos que envolvem a construção de um planejamento 4D. Pesquisas futuras serão extremamente produtivas ao focarem em etapas específicas desse processo, dentre as quais se destacam a elaboração de um projeto no qual se tenha como foco a coordenação de disciplinas, sendo a modelagem desenvolvida por diversos autores; e a definição e padronização de um sistema de códigos de montagem para facilitar o desenvolvimento do 4D. Assim, serão criadas condições para expansão dessa atividade, abrindo cada vez mais caminho para o desenvolvimento do 4D associado à execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI; MDIC. (29 de 12 de 2017). *Guias BIM*. Acesso em 17 de 06 de 2018, disponível em Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>
- ARCOS INCORPORAÇÕES. (2018). Planta baixa MCMV Formosa.
- AZEVEDO, W., & MOLINA, M. (2015). O ensino/aprendizado do BIM no curso de Engenharia Civil da UFJF. Recife: VII ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO (TIC).
- B., K., & FISCHER, M. (1998). Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. *Technical Report n. 118*. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering.
- BATAGLIN, S., D., V., PEÑALOZA, A., SMOLINSKI, A., FORMOSO, T., & BULHÕES, R. (2016). Uso da Simulação BIM 4D para apoio a gestão dos processos logísticos em obras de sistemas pré-fabricados de concreto. São Paulo: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- BIOTTO, C., FORMOSO, C., & ISATTO, E. (2012). Sistemas de Produção em Empreendimentos de Construção. ENTAC.
- BIOTTO, C., FORMOSO, C., & ISATTO, E. (2015). Uso de Modelagem 4D e Building Information Modeling na Gestão de Sistemas de Produção em Empreendimentos de Construção. *Revista Ambiente Construído*, 65-77.
- BOSZCZOWSKI, F. (2015). Aplicação do BIM 4D no Planejamento de Obras de Estruturas Metálicas - Estudo de Caso. Curitiba.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. (s.d.). *About BIM Level 2*. Acesso em 17 de 06 de 2018, disponível em BIM Level 2: <http://bim-level2.org/en/about/>
- CABRITA, A. (Setembro de 2008). Atrasos na Construção: Causas, Efeitos e Medidas de Mitigação. *Tese de mestrado*. Lisboa, Portugal: Instituto Superior Técnico.
- CAIN, C. (2004). *Profitable Partnering for Lean Construction*. Wiley-Blackwell.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. (2018). *SINAPI*. Acesso em 5 de Julho de 2018, disponível em Caixa: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi>
- COBLE, R. J., BLATTER, R. L., & AGAJ, I. (2005). Application of 4D CAD in the Construction Workplace.
- COLLIER, E., & FISCHER, M. (1995). Four-Dimensional Modeling in Design and Construction. *CIFE Technical Report # 101*. Stanford, CA: Stanford University.
- EADIE, R. e. (2013). An Analysis of the Drivers For Adopting Building Information Modelling. *Journal of Information Technology in Construction*, pp. 338-352.
- EASTMAN, C. e. (2011). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. 2. NJ, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- EASTMAN, C. M. (2008). *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 1, 11-12. New Jersey.
- FISCHER, M. (s.d.). *4D Modelling: Applications and Benefits*. Acesso em 16 de 06 de 2018, disponível em http://www.virtualbuilders.org/VBR_Presentations/Martin_Introduction.pdf
- FISCHER, M., HAYMAKER, J., & LISTON, K. (2005). Benefits of 3D and 4D Models for Facility Managers and AEC Service Providers.
- GARRIDO, M., GUARDA, A., JUNIOR, R., & CAMPESTRINI, T. (2013). Uso da Modelagem BIM 4D no Planejamento e Execução de um Empreendimento Habitacional. Porto Alegre, .
- GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. (2007). *GSA Building Information Modeling Guide Overview*. United States: GSA.
- GLEDSON, B., & GREENWOOD, D. (2016). *The Adoption of 4D BIM in the UK construction industry: an innovation diffusion approach*. Emerald Publishing Limited.

- JUNIOR, M. (2016). BIM 4D e 5D - Planejamento e Orçamentação.
- KHATIB, J. M., CHILESHE, N., & SLOAN, S. (2007). Antecedents and Benefits of 3D and 4D Modelling For construction Planners. *Journal of Engineering, Design and Technology*, pp. 159-172.
- KOO, B., & FISCHER, M. (1998). Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. *Technical Report n. 118*. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering.
- KOSKELA, L. J., & BALLARD, G. (2003). What Should We Require from a Production System in Construction? *Journal of Construction Research*, 1-8.
- KUNZ, J., & FISCHER, M. (2011). Virtual Design and Construction: themes, case studies and implementation suggestions. Stanford, CA, Estados Unidos: CIFE Working Paper #097.
- KYMMELL, W. (2008). Building Information Modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. New York: McGraw Hill.
- LEE, A. e. (2005). nD modelling – a driver or enabler for construction improvement. 5. RICS Research Paper Series.
- LEITE, F. e. (2011). Analysis of Modeling Effort and Impact of Different Levels of Detail in Building Information Models. *Automation in Construction*, 20, 601-609.
- MCGRAW HILL CONSTRUCTION. (2014). The Business Value of BIM For Construction in Major Global Markets: how contractors around the world are driving innovation with building information modeling. Bedford, MA, Estados Unidos: McGraw Hill.
- NBS (NATIONAL BUILDING SPECIFICATION); RIBA ENTERPRISES LTD. (2016). *National BIM Report 2016*. New Castle.
- NBS (NATIONAL BUILDING SPECIFICATION); RIBA ENTERPRISES LTD. (2018). *National BIM Report 2018*. New Castle.
- OLIVEIRA, N. (2017). Estudo da Implementação da Metodologia BIM no curso de Engenharia de Infraestrutura da UFSC. Joinville.
- OLIVEIRA, P. (2014). Modelagem 4D aplicada ao Planejamento de curto prazo de um Pavimento Tipo. Salvador.
- PARK, J., CAI, H., & PERISSIN, D. (2018). Bringing Information to the Field: Automated Photo Registration and 4D BIM.
- PEREIRA, E. (2012). Fatores Associados ao Atraso na Entrega de Edifícios Residenciais. Florianópolis, SC, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.
- PORWAL, A., & HEWAGE, K. N. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects.
- RISCHMOLLER, L., & ALARCÓN, L. F. (2002). 4D-PS: putting and IT new work process into effect. Dinamarca: International Conference CIB W78.
- RUSCHEL, R., ANDRADE, M., & MORAIS, M. (2013). O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? *Revista Ambiente Construído*, 151-165.
- SACKS, R., RADOSAVLJEVIC, M., & BARAK, R. (2010). Requirements For Building Information Modeling Based Lean Production Management Systems For Construction. *Automation in Construction*, 641-655.
- SIENGE. (s.d.). *Programa Minha Casa Minha Vida*. Acesso em 5 de Julho de 2018, disponível em Sienge: <https://www.sienge.com.br/minha-casa-minha-vida>
- SUZUKI, R. T., & SANTOS, E. T. (Novembro de 2015). Planejamento 4D no brasil: levantamento orientado à percepção de resultados pelos diversos "stakeholders" da construção. Recife, SE, Brasil: Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção.
- WONG, K. A., WONG, K. F., & NADEEM, A. (Fevereiro de 2011). Building Information Modeling for Tertiary Construction Education in Hong Kong. *Journal of Information Tachnology in Construction*, pp. 467-476.